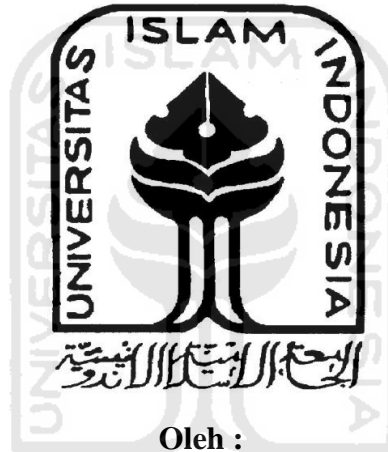


## **TUGAS AKHIR**

# **Analisis Kegiatan Maintenance Pada Mesin Toshiba BMC – 100(5)E Untuk Penentuan Part Kritis Dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)***

**(Studi kasus di PT. Dirgantara Indonesia Persero, Bandung)**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Teknik Industri**



Oleh :

Nama : Arie Prayudi

No. Mahasiswa : 07 522 087

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2012**

## PENGAKUAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.



Yogyakarta, 14 Februari 2012

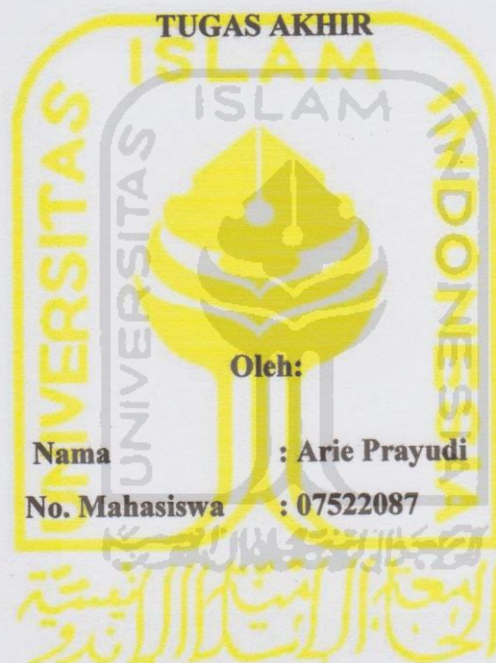
Arie Prayudi

07 522 087

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

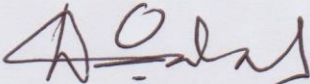
**ANALISIS KEGIATAN MAINTENANCE PADA MESIN  
TOSHIBA BMC – 100(5)E UNTUK PENENTUAN PART  
KRITIS DENGAN PENDEKATAN *RELIABILITY  
CENTERED MAINTENANCE (RCM)***

**(Studi kasus di PT. Dirgantara Indonesia Persero, Bandung)**



**Yogyakarta, 14 Februari 2012**

**Pembimbing**

  
**Drs. R. Abdul Djalal. MM**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**ANALISIS KEGIATAN MAINTENANCE PADA MESIN**  
**TOSHIBA BMC – 100(5)E UNTUK PENENTUAN PART**  
**KRITIS DENGAN PENDEKATAN *RELIABILITY***  
***CENTERED MAINTENANCE (RCM)***

(Studi kasus di PT. Dirgantara Indonesia Persero, Bandung)

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

Nama : Arie Prayudi  
No. Mahasiswa : 07 522 087

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, 29 Februari 2012

**Tim Penguji**

Drs. R. Abdul Djalal, MM  
Ketua

Drs. H. M. Ibnu Mastur, MSIE  
Anggota I

Ir. Hudaya, MM  
Anggota II

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Industri  
Universitas Islam Indonesia

Drs. H. M. Ibnu Mastur, MSIE



## PERSEMBAHAN

*Ku persembahkan karya ini untuk Sang Rabbul 'Izzati*

*Teruntuk, ....*

*Kedua Orang Tuaku tercinta yang selalu berdo'a, membimbing, memotivasi dan berkorban untukku selama ini. Maafkan segala salahku ...*

*Kepada Adikku Atas semangat dan dukungan yang tiada henti, kasih sayang yang tulus, semoga karya ini bisa bermanfaat ...*

*Sahabat-sahabat terbaikku, yang telah memberi mutiara indah kehidupan. Dengan caranya masing-masing memberikan inspirasi, motivasi dan membuat hidupku lebih bermakna.*

*Semoga kita dipertemukan kembali di Surga-Nya.*

*Terimakasih dan rasa syukur kepada-Mu, Ya Allah atas segala nikmat yang Engkau berikan kepada hamba.*

*Ridho-Mu dan ridho orang tuaku selalu kuharapkan untuk mengiringi langkahku.*

## MOTTO

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ﴿١٣﴾

“Maka nikmat Tuhan-mu yang manakah yang kamu dustakan”

QS : Ar-Rahman (55) : 13

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ﴿٧﴾ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ﴿٨﴾

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya pada Tuhan-mulah engkau berharap.”

QS : Al-Insyirah (94) : 6-8

وَلَوْ أَنَّمَا فِي الْأَرْضِ مِنْ شَجَرَةٍ أَقْلَمٌ وَالْبَحْرُ يَمُدُّهُ مِنْ بَعْدِيهِ سَبْعَةً أَبْحُرٍ مَا نَفِدَتْ كَلِمَاتُ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ حَكِيمٌ ﴿٧٧﴾

“Dan seandainya pohon-pohon di bumi menjadi pena dan lautan (menjadi tinta), ditambahkan kepadanya tujuh lautan (lagi) setelah (kering)nya, niscaya tidak akan habis-habisnya

(dituliskan) kalimat-kalimat Allah. Sesungguhnya Allah

Maha Perkasa, Maha Bijaksana“

QS : Luqman (31) : 27

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah, Rabb alam semesta. Shalawat dan salam semoga terlimpahkan kepada Rasulullah *Shallallahu Alaihi wa Sallam*, keluarganya, sahabatnya dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, dan syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan anugerah-Nya yang telah memberi ilmu, kekuatan dan kesempatan sehingga Tugas Akhir dengan judul "Analisis Kegiatan *Maintenance* Terhadap Mesin Toshiba BMC – 100(5)E Untuk Penentuan Part Kritis Dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)" ini dapat terselesaikan.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 program studi Teknik Industri pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia .

Keberhasilan terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Ir. Gumbolo Hadi Susanto, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak M. Ibnu Mastur, Drs., H., MSIE selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Drs. H. R. Abdul Djalal, M.M. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak, Ibu, adik dan keluarga atas segala doa, bantuan, dan kasih sayang yang tiada hentinya.
5. Semua pihak yang telah memberi semangat dan segala masukan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Dan semoga Allah SWT memberikan ridha dan membalas segala budi baik yang telah diberikan kepada Penulis.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, 14 Februari 2012



Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGAKUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5

1.6 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Kajian Terdahulu .....	8
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Maintenance .....	9
2.2.2 Reliability Centered Maitenance (RCM) .....	14
2.2.3 Reliability .....	20
2.2.4 Fault Tree Analysis .....	23
2.2.5 Falure Mode dan Effect Analysis .....	27
2.2.6 Fishbone Diagram.....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>32</b>
3.1 Objek Penelitian.....	32
3.2 Identifikasi Masalah.....	32
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	33
3.3.1 Pengumpulan Data .....	33
3.3.2 Data yang Dibutuhkan .....	34
3.4 Preprocessing Data.....	35
3.5 Pengolahan Data .....	35

3.6	Analisis Penelitian .....	36
3.7	Rekomendasi.....	36
3.8	Kesimpulan dan Saran .....	36
3.9	Diagram Alir Metode Penelitian.....	37
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		39
4.1	Pengumpulan Data .....	39
4.1.1	Sejarah Singkat PT. Dirgantara Indonesia (Persero) .....	39
4.1.2	Visi Perusahaan.....	44
4.1.3	Misi Perusahaan.....	45
4.1.4	Struktur Organisasi .....	45
4.1.5	Aktivitas Perusahaan.....	49
4.1.6	Data dan Jam Kerja Karyawan PT. Dirgantara Indonesia (Persero).....	52
4.1.7	Jam Kerja Mesin TOSHIBA BMC-100 (5)E.....	53
4.1.8	Komponen Mesin TOSHIBA BMC-100 (5)E .....	53
4.2	Pengolahan Data .....	57
4.2.1	Identifikasi Kegagalan Fungsional dan Efek Kegagalan dengan Menggunakan Fault Tree Analysis .....	57

4.2.2	Failure Mode dan Effect Analysis Mesin TOSHIBA BMC-100	
	(5)E .....	58
4.3	Kategori Konsekuensi Kegagalan .....	68
4.4	Keputusan Reliability Centered Maitenance (RCM).....	70
4.5	Pengujian Pola Distribusi Downtime dan Perhitungan Reliability.....	72
4.5.1	Automatic Pallet Change (APC).....	72
4.5.2	Automatic Tool Changer (ATC).....	75
4.5.3	Axis .....	76
4.5.4	CNC Unit .....	78
4.5.5	Conveyor Unit.....	81
4.5.6	Cooling Unit.....	82
4.5.7	Electric Panel Unit .....	83
4.5.8	Lube dan Coolant Unit.....	85
4.5.9	Machine Unit .....	87
4.5.10	Mechanic Unit.....	88
4.5.11	Servo Axis.....	89
4.5.12	Spindle Unit .....	92
4.6	Penentuan Penyebab Kerusakan yang Dominan.....	93



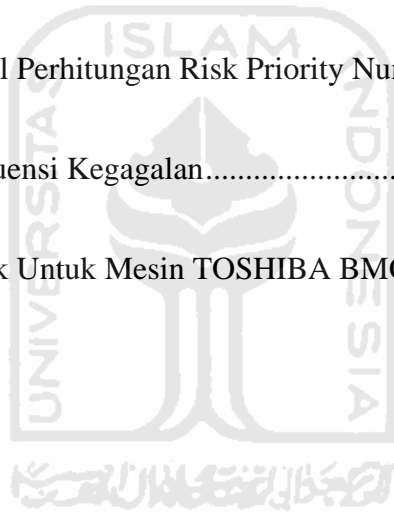
BAB V PEMBAHASAN.....	95
5.1 Analisis Pengolahan Data .....	95
5.1.1 Analisis Hasil Pengolahan Data Fault Tree Analysis (FTA) ...	95
5.1.2 Analisis Hasil Pengolahan Data Failure Mode Effect Analysis (FMEA).....	100
5.1.3 Analisis Hasil Kategori Konsekuensi Kegagalan .....	102
5.1.4 Analisis Keputusan Reliability Centered Maintenance .....	105
5.1.5 Analisis Pola Distribusi Data.....	107
5.1.6 Analisis Reliability.....	108
5.1.7 Analisis Fishbone Diagram.....	111
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	113
6.1 Kesimpulan .....	113
6.2 Saran .....	114

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rating Severity .....	28
Tabel 2.2 Rating Kejadian .....	29
Tabel 2.3 Rating Efektivitas .....	30
Tabel 4.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Mesin TOSHIBA BMC-100 (5)E .....	58
Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Risk Priority Number (RPN).....	66
Tabel 4.3 Kategori Konsekuensi Kegagalan.....	68
Tabel 4.4 Maintenance Task Untuk Mesin TOSHIBA BMC-100 (5)E .....	70



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembagian Perawatan Secara Skematik.....	13
Gambar 2.2 Fault Tree Analysis (FTA).....	24
Gambar 2.3 Bentuk Umum Fault Tree Analysis .....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Model Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT. Dirgantara Indonesia (Persero) .....	46
Gambar 4.2 Penentuan Distribusi Subsistem APC .....	73
Gambar 4.3 Parameter Distribusi APC.....	73
Gambar 4.4 Penentuan Distribusi Subsistem Axis .....	76
Gambar 4.5 Parameter Distribusi Weibull (3P) Subsistem Axis.....	77
Gambar 4.6 Penentuan Distribusi Subsistem CNC Unit.....	79
Gambar 4.7 Parameter Distribusi Weibull (3P) Subsistem CNC Unit .....	79
Gambar 4.8 Penentuan Distribusi Subsistem Lube and Coolant Unit .....	85
Gambar 4.9 Parameter Distribusi Weibull (3P) Subsistem Lube and Coolant Unit..	85
Gambar 4.10 Penentuan Distribusi Subsistem Servo Axis .....	90
Gambar 4.11 Parameter Distribusi Weibull (3P) Subsistem Servo Axis.....	90
Gambar 4.12 Fishbone Diagram Penyebab Kegagalan Mesin TOSHIBA BMC-100 (5)E .....	94

## ABSTRAK

*Upaya PT. Dirgantara Indonesia Persero dalam meningkatkan kehandalan mesin produksi untuk mendapatkan hasil kinerja mesin yang maksimal, maka penelitian ini membahas tentang kehandalan mesin yang terfokus pada sistem perawatan pada mesin produksi Toshiba BMC – 100(5)E. Saat ini PT. Dirgantara Indonesia Persero telah melakukan kegiatan preventive maintenance terhadap mesin – mesin produksi yang ada pada rantai produksi, tetapi kegagalan yang menyebabkan sistem berhenti masih banyak ditemukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui strategi perawatan mesin yang optimal untuk mesin Toshiba BMC – 100(5)E, dan mengetahui subsistem yang berpotensi menyebabkan kegagalan sistem. Penelitian yang dilakukan mengkombinasikan analisis kualitatif dan analisis kuantitatif untuk memberikan rekomendasi strategi yang optimal terhadap mesin Toshiba BMC – 100(5)E. Analisis kualitatif menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) yang didalamnya terdapat analisis dengan menggunakan Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode Effect Anlysis (FMEA). Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk memunculkan penyebab terjadi kegagalan sistem, dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mencari penyebab kerusakan serta mekanisme terjadinya kegagalan. Analisis kuantitatif menggunakan metode Reliability (kehandalan) mesin, dan untuk pengambilan keputusan menggunakan diagram fishbone. Hasil dari Reliability Centered Maintenance (RCM) dikombinasikan dengan perhitungan nilai reliability dari masing – masing subsistem pada mesin Toshiba BMC – 100(5) E. Kemudian, hasil kombinasi yang telah didapat akan dimasukkan kedalam faktor – faktor yang ada di fishbone diagram. Hasil dari penelitian ini didapat lima subsistem yang berpotensi mengakibatkan kegagalan sistem. Adapun subsistem yang diprioritaskan untuk lebih diperhatikan yaitu Axis unit, Servo Axis unit, CNC unit, Lube and coolant unit, dan APC unit.*

**Kata kunci :** *Reliability Centered Maintenance (RCM), Failure Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Fishbone diagram.*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dibidang mesin-mesin industri semakin lama semakin meningkat sesuai dengan kebutuhan, sehingga secara otomatis menuntut adanya suatu sistem pemeliharaan (*Maintenance*) yang dapat mengurangi tingkat kerusakan dan memperpanjang umur suatu mesin. Sehingga diharapkan sistem pemeliharaan (*Maintenance*) tersebut akan dapat memberikan keuntungan-keuntungan, baik ditinjau dari segi biaya-biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan ataupun waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kapasitas produksi sebuah mesin.

Sebagian besar orang beranggapan bahwa proses perawatan merupakan suatu hal yang tidak ada hubungannya dengan produksi dan keuntungan perusahaan. Anggapan tersebut tidak benar, oleh karena itu perlu mendapatkan penjelasan tentang makna perawatan (*maintenance*) yang terkandung di dalamnya. Perawatan merupakan pekerjaan rutin, pekerjaan yang berulang – ulang, diperlukan untuk menjaga fasilitas yang ada agar tetap dalam keadaan baik (optimal), dapat digunakan sesuai dengan kapasitas dan efisiensi semula. Dengan demikian, perusahaan terhindar dari terjadinya kerugian produksi dan kerugian lainnya.

Kegiatan perawatan mempunyai peranan yang sangat penting, karena selain sebagai pendukung beroperasinya sistem agar lancar sesuai yang dikehendaki, kegiatan perawatan juga dapat meminimalkan biaya atau kerugian-kerugian yang ditimbulkan karena adanya kerusakan mesin. Perawatan merupakan suatu fungsi utama dalam suatu perusahaan yang dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan merawat fasilitas sehingga peralatan tersebut berada dalam kondisi yang siap pakai sesuai dengan kebutuhan. Maka dengan kata lain perawatan adalah kegiatan dalam rangka mengupayakan fasilitas produksi berada pada kemampuan produksi yang dikehendaki

*Maintenance* merupakan salah satu cara efektif untuk meningkatkan keandalan suatu sistem. Kegiatan tersebut dapat bersifat terencana (*planned*) dan tidak terencana (*unplanned*). Hanya ada satu bentuk kegiatan *maintenance* yang tidak terencana, yakni *emergency maintenance*, dimana tindakan *maintenance* tersebut dibutuhkan sesegera mungkin untuk mencegah kerusakan yang lebih parah seperti *loss of production* atau untuk alasan keselamatan (Hidayat Rachmad, 2010).

Suatu mesin terdiri dari beberapa komponen yang vital, apabila komponen tersebut mengalami kerusakan maka akan mendatangkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan, untuk itu tidak bisa dipungkiri perlunya suatu perencanaan kegiatan perawatan bagi masing-masing mesin produksi untuk memaksimalkan sumberdaya yang ada, tetapi keuntungan yang akan diperoleh perusahaan dengan lancarnya kegiatan produksi akan lebih besar.

PT. Dirgantara Indonesia dalam kegiatan operasionalnya, banyak mempergunakan mesin dalam proses produksinya. Salah satunya adalah mesin TOSHIBA BMC-100(5)E yang merupakan salah satu mesin yang terdapat di PT. Dirgantara Indonesia untuk membuat *part* atau komponen dari pesawat CN-235, A380

dan lain sebagainya. Mesin TOSHIBA BMC-100(5)E beroperasi maksimal 16 jam sehari. Karena frekuensi kerja yang cukup tinggi inilah terkadang mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E sering terjadi *downtime* yang cukup lama. *Downtime* terjadi bisa sampai berbulan – bulan, dan pasti setiap 1 bulan terdapat 1 kegagalan yang dialami oleh subsistem – subsitem mesin dan perlu diperbaiki. Maka kegiatan perawatan yang optimal perlu diterapkan, agar mesin TOSHIBA BMC-100(5)E dapat bekerja dengan baik.

Menyadari peran penting *maintenance* terhadap aktivitas produksi, PT. Dirgantara Indonesia (Persero) harus mengetahui faktor-faktor apa saja yang menyebabkan mesin TOSHIBA BMC-100(5)E menjadi rusak. Keinginan bagian perencanaan produksi belum tentu sama dengan apa yang ada di lapangan. Informasi kerusakan serta keluhan dari bagian lapangan/operator tersebut digunakan untuk meningkatkan produktivitas mesin dengan menentukan prioritas kegiatan *maintenance* yang semestinya didahulukan.

Informasi mengenai analisis kerusakan tiap komponen mesin dan efek yang ditimbulkannya tentu diperlukan agar dapat menentukan jenis pemeliharaan mesin yang tepat. Berdasarkan informasi yang di dapatkan , maka perlu diadakan suatu penelitian perencanaan kegiatan *maintenance* yang dilakukan terhadap mesin TOSHIBA BMC-100(5)E, sehingga tidak timbul *downtime* pada saat melakukan kegiatan produksi di lantai produksi. Pada Tugas Akhir ini metode yang akan digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM tergolong ke dalam sistem perawatan terencana dengan konsep dasar mempertahankan rungsi dari salah satu sistem, sehingga upaya perawatan yang dilakukan bertujuan untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi sesuai yang diharapkan. Oleh karena itu, dengan menerapkan

RCM diharapkan nantinya akan diperoleh jenis pemeliharaan mesin yang tepat dan diprediksi langkah – langkah dalam menganalisis kerusakan pada komponen mesin.

Sesuai dengan latar belakang penelitian tersebut maka dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengambil judul “ **Analisis Kegiatan Maintenance Pada Mesin TOSHIBA BMC-100(5)E Untuk Penentuan Part Kritis Dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* ”.**

## **1.2. Rumusan Masalah**

Untuk mencapai sasaran proses perawatan sehingga proses produksi yang berkualitas juga dapat berlangsung dengan baik, diperlukan tenaga kerja, fasilitas, organisasi, program dan biaya yang memadai. Semua itu saling terkait satu sama lain. Berdasarkan hal tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Keputusan pemeliharaan apa yang cocok untuk mesin TOSHIBA BMC-100(5)E ?
2. Bagian / *part* mana yang membutuhkan perhatian lebih ?

## **1.3. Batasan Masalah**

Untuk memberikan kerangka yang jelas dalam pelaksanaan penelitian ini, diperlukan penetapan batasan-batasan serta asumsi yang memberikan atribut pada beberapa aspek penting. Batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada mesin TOSHIBA BMC-100(5)E di PT. Dirgantara Indonesia (Persero).

2. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data kerusakan yang terjadi pada mesin TOSHIBA BMC-100(5)E, 5 tahun kebelakang untuk dijadikan sebagai sumber data.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
4. Metode *reliability* digunakan hanya untuk menghitung nilai kehandalan mesin, dan hasilnya sebagai penguat penentuan strategi perawatan yang optimal.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang diharapkan dapat dicapai berdasarkan rumusan permasalahan adalah untuk :

1. Dapat mengambil sebuah keputusan untuk kegiatan pemeliharaan.
2. Mengetahui *part* / bagian yang vital untuk diperbaiki / diganti terlebih dahulu.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Kegunaan bagi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi perusahaan untuk memberikan gambaran yang lebih *rill* khususnya tentang kondisi pelayanan oleh PT. Dirgantara Indonesia (Persero).
2. Sebagai bahan pertimbangan yang penting bagi perusahaan bahwa *maintenance* merupakan hal yang penting dalam meminimasi biaya serta meningkatkan produktivitas.

3. Penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan memperkaya wawasan dari hasil yang telah dicapai untuk dapat digunakan dalam optimalisasi dan perencanaan suatu perusahaan.
4. Sebagai pembanding dan bahan kajian untuk penelitian lebih lanjut.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Agar penulisan tugas akhir ini lebih terstruktur dan terarah, maka dalam penyusunannya disertakan sistematika penulisan berdasarkan bab demi bab yang berurutan, sistematika lanjutan sebagai berikut :

#### **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan ini akan diuraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II: KAJIAN PUSTAKA**

Berisi uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan. Disamping itu juga berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dasar – dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan.

#### **BAB III: METODE PENELITIAN**

Mengandung uraian tentang bahan atau materi penelitian, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

#### **BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Menguraikan tentang data – data yang dihasilkan selama penelitian kemudian pengolahan data dengan metode yang telah ditentukan hasil analisa.

#### **BAB V: PEMBAHASAN**

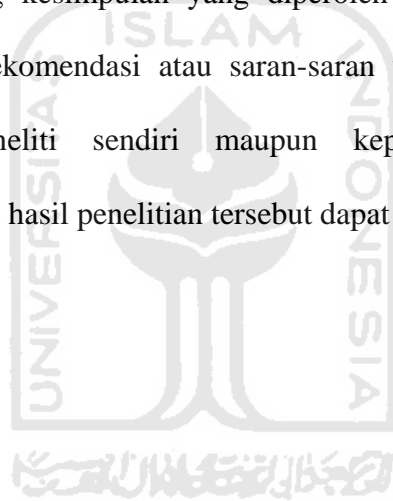
Membahas hasil penelitian tentang hasil penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan suatu kesimpulan dan rekomendasinya atau saran yang harus diberikan untuk penelitian lanjutan.

#### **BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh melalui pembahasan hasil penelitian. Rekomendasi atau saran-saran yang perlu diberikan, baik terhadap peneliti sendiri maupun kepada peneliti lain yang dimungkinkan hasil penelitian tersebut dapat dilanjutkan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 1.7. Kajian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya, seperti yang dinyatakan oleh Wahyudi, *et.al.*, (2010) bahwa *Reliability Centered Maintenance (RCM)* merupakan suatu konsep dasar perawatan terhadap peralatan yang didalamnya menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Logic Tree Analysis (LTA)*. Metode RCM adalah salah satu bentuk manajemen perawatan yang berbasis kehandalan system. Kemudian Aileen Valencia Raharjo (2010) menggunakan RCM untuk mengetahui komponen mesin yang penting diperhatikan agar dapat ditentukan keputusan pemeliharaan yang cocok untuk setiap komponen. Teknik analisis yang digunakan dalam adalah *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk mengetahui kegagalan fungsional dan efek kegagalan. Hasil dari penelitian mengkategorikan komponen mesin dan kegagalannya ke dalam tiga kategori *maintenance task*, yaitu *Condition – Direct Task*, *Time – Directed Life – Renewal Task*, dan *Failure Finding Task*. Ya'umar dan Totok (2006) menggunakan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dalam penelitiannya. Produksi aspal yang semakin menjelaskan bagaimana untuk menjaga keandalan crusher batu dalam pencampuran sistem produksi, terutama pada rahang utama piring dan tertiary subsistem crusher kerucut aspal. Dalam rangka untuk memperoleh batu crusher keandalan tinggi, pemeliharaan berpusat *Reliability Centered Maintenance (RCM)* telah terbukti metode yang efektif untuk pemeliharaan optimasi.



Pada penelitian tugas akhir yang dilakukan Aileen (2010) yang menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* sebagai alat penelitiannya, teknik analisis yang digunakan dalam penelitiannya adalah *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk mengetahui kegagalan fungsional dan efek kegagalan. Hasil dari penelitiannya mengategorikan komponen mesin dan kegagalannya ke dalam tiga kategori *maintenance task*, yaitu *Condition-Directed Task*, *Time-Directed Life-Renewal Task*, dan *Failure Finding Task*.

Pada penelitian Yudhi (2008) menerapkan RCM pada sistem penukar panas sekunder. Hasil yang didapatkan oleh peneliti, yaitu menjaga fungsi peralatan, mengidentifikasi mode kerusakan spesifik dalam bagian-bagian peralatan yang potensial menghasilkan kerusakan fungsi sistem, membuat prioritas pemeliharaan dari mode kerusakan yang terjadi, serta mengambil tindakan pencegahan yang dapat diterapkan sehingga sistem penukar panas tetap berada dalam fungsi yang baik

Erly (2010) dalam penelitiannya melakukan pengembangan sistem pemeliharaan mesin dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Tujuan dari penelitiannya adalah mengetahui implementasi RCM (*reliability centered maintenance*) untuk dapat menentukan pemeliharaan yang optimal serta dapat memprediksikan langkah untuk mengatasi kerusakan yang mungkin terjadi pada periode berikutnya berdasarkan data-data yang ada.

## **1.8. Landasan Teori**

### *2.2.1 Maintenance*

*Maintenance* merupakan salah satu cara efektif untuk meningkatkan keandalan suatu sistem. Kegiatan tersebut dapat bersifat terencana (*planned*) dan tidak terencana (*unplanned*). Hanya ada satu bentuk kegiatan *maintenance* yang tidak terencana, yakni *emergency maintenance*, dimana tindakan *maintenance* tersebut dibutuhkan sesegera

mungkin untuk mencegah kerusakan yang lebih parah seperti *loss of production* atau untuk alasan keselamatan (Rachmad Hidayat et al., 2010).

Semua barang yang dibuat oleh manusia memiliki umur pakai dan pada akhirnya akan mengalami kerusakan. Umur pakai barang dapat diperpanjang dengan melakukan suatu kegiatan yang dikenal dengan pemeliharaan (Yudhi, 2008).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Erly (2010) menjelaskan tentang *maintenance*, dalam tahun – tahun belakangan ini kemajuan proses industri mengakibatkan perubahan ekspektasi, penelitian dan teknik atau metode yang dipakai. Perkembangan tersebut dapat dibagi dalam 3 generasi. Secara perlahan berkembang menjadi kewaspadaan dampak *failure* terhadap keselamatan dan lingkungan, kewaspadaan terhadap adanya hubungan antara sistem *maintenance* dengan kualitas produk. Sejak tahun 1930 evolusi dari *maintenance* dapat dibagi menjadi tiga generasi, yaitu :

1. Generasi Pertama - Industri tidak banyak menggunakan mesin, sehingga *downtime* tidak dianggap penting
  - a. Peralatan yang digunakan masih sangat sederhana, *reliable* sangat mudah diperbaiki
  - b. Sistematis perawatan tidak dibutuhkan, hanya diperlukan perawatan sederhana seperti pembersihan, servis dan pengecekan rutin.
  - c. Tenaga ahli dalam industri sangat rendah b.

## 2. Generasi Kedua

- a. Tipe mesin sangat beragam dan kompleks, dimana industri semakin bergantung dengan mesin-mesin tersebut.
- b. *Downtime* menjadi fokus yang penting, dimana muncul ide bahwa *failure* dari perawatan harus dicegah berdasarkan konsep *preventive maintenance*.
- c. Peralatan secara keseluruhan dilakukan pada interval tetap, biaya perawatan meningkat perlahan bersamaan dengan biaya operasi

## 3. Generasi Ketiga

- a. Otomasi semakin berkembang, sehingga lebih banyak dampak *failure* yang terjadi.
- b. Biaya perawatan semakin meningkat
- c. Adanya penelitian baru berhubungan dengan umur operasi dan *failure*.
- d. Adanya pengembangan baru, termasuk peralatan pendukung keputusan seperti studi *hazard*, mekanisme *failure*, dan analisa dari dampak yang terjadi.
- e. Pemilihan teknik yang benar, yaitu teknik yang memungkinkan untuk mengembangkan performansi peralatan dan dapat mereduksi biaya peralatan.

Pendekatan pemeliharaan pada dasarnya dibagi atas dua bagian yaitu *planned* dan *unplanned maintenance*. Berikut ini dapat dilihat klasifikasi dari pendekatan sistem pemeliharaan tersebut:

1. *Planned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan pemeliharaan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu.

a. *Preventive Maintenance*, suatu sistem pemeliharaan yang terjadwal dari suatu peralatan/komponen yang didesain untuk meningkatkan keandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan pemeliharaan yang tidak direncanakan sebelumnya.

- *Time based Maintenance*

Kegiatan pemeliharaan ini berdasarkan periode waktu, meliputi inspeksi harian, *service*, pembersihan harian dan lain sebagainya.

- *Condition based Maintenance*

Kegiatan pemeliharaan ini menggunakan peralatan untuk mendiagnosa perubahan kondisi dari peralatan/aset, dengan tujuan untuk memprediksi awal penetapan interval waktu pemeliharaan.

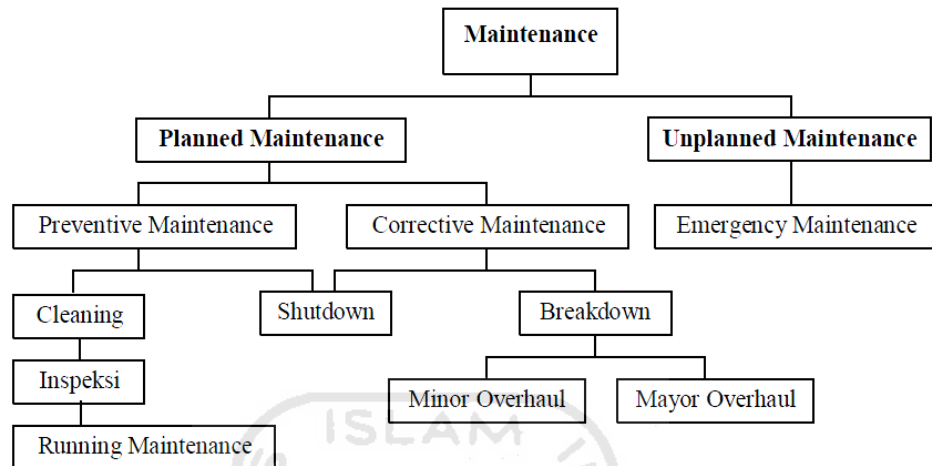
b. *Corrective Maintenance*, suatu kegiatan pemeliharaan yang tujuan akhirnya untuk memperbaiki fungsi mesin atau peralatan.

- *Breakdown Maintenance*, yaitu suatu kegiatan pemeliharaan yang pelaksanaannya menunggu sampai dengan peralatan tersebut rusak lalu dilakukan perbaikan. Cara ini dilakukan apabila efek *failure* tidak bersifat signifikan terhadap operasi ataupun produksi.

2. *Unplanned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan pemeliharaan yang pelaksanaannya tidak direncanakan.

Pemilihan kegiatan perawatan tersebut didasarkan atas sifat dari kerusakan atau kegagalan pada peralatan, apakah bersifat terprediksi atau tidak terprediksi.

Selain itu juga pemilihan tersebut didasari atas biaya yang ditanggung apabila menerapkan salah satu jenis kegiatan pemeliharaan. Secara skematik pembagian pemeliharaan bisa dilihat pada Gambar



Gambar 2.1. Pembagian Perawatan secara Skematik

Suatu mesin terdiri dari beberapa komponen yang vital, apabila komponen tersebut mengalami kerusakan maka akan mendatangkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan, untuk itu tidak bisa dipungkiri perlunya suatu perencanaan kegiatan perawatan bagi masing-masing mesin produksi untuk memaksimalkan sumberdaya yang ada, tetapi keuntungan yang akan diperoleh perusahaan dengan lancarnya kegiatan produksi akan lebih besar.

Dalam persoalan teknis yang perlu di perhatikan adalah :

1. Tindakan - tindakan apa yang harus di lakukan untuk memelihara / merawat peralatan yang ada, dan untuk memperbaiki / mereparasi mereparasi mesin - mesin atau peralatan yang rusak.
2. Alat - alat atau komponen - komponen apa yang dibutuhkan harus di sediakan agar tindakan - tindakan pada bagian pertama di atas dapat dilakukan.

### 2.2.2 *Reliability Centered Maintenance* ( RCM )

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) meliputi pembuatan kegagalan fungsi yang kemudian akan dicari mode kerusakannya. Dengan adanya mode kerusakan, penyebab kerusakan akan ditentukan sehingga dapat dianalisis pengaruh kerusakan terhadap kerja peralatan. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah metode pemeliharaan yang menentukan langkah – langkah yang harus diambil untuk menjamin peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya (Yudhi, 2008).

Menurut Ya'umar dan Totok (2006) yang dikutip dari Anderson R (1990), RCM adalah salah satu manajemen perawatan yang dapat digolongkan ke dalam sistem perawatan terencana (*planned maintenance system*). Konsep dasar dari metode RCM ini adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem, sehingga segala upaya perawatan yang dilakukan adalah untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Manajemen perawatan ini tidak hanya memanfaatkan rekomendasi vendor saja tapi juga melibatkan analisa *reliability*. Hasil yang diharapkan dalam implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dalam manajemen perawatan adalah untuk mendapatkan suatu strategi perawatan yang optimum. Aspek spesifik yang mendasari penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Jadi penerapan manajemen *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini dilakukan dengan melakukan analisa kualitatif dan kuantitatif .

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah sebuah proses sistematis yang harus dilakukan untuk menjamin seluruh fasilitas fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. RCM akan membawa kepada sebuah program *maintenance* yang fokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi (Taufiq, 2010)

RCM merupakan salah satu metode pemeliharaan yang dapat digolongkan ke dalam sistem pemeliharaan terencana (*planned maintenance*). Konsep dasar metode RCM adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem dengan upaya pemeliharaan yang dilakukan untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi dengan baik. Metode RCM ini menitikberatkan pada keselamatan operasinya suatu sistem sehingga dibandingkan dengan sistem pemeliharaan yang ada, RCM merupakan sistem pemeliharaan dengan pendekatan yang sistematis untuk mempertahankan keandalan dari suatu sistem. Penerapan RCM lebih menitikberatkan pada penggunaan analisa kualitatif untuk komponen yang dapat menyebabkan kegagalan suatu sistem. *Tools* yang digunakan untuk melakukan analisis kualitatif adalah *Failure Modes dan Effect Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA) ( Erly, 2010 ).

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah sebuah proses sistematis yang harus dilakukan untuk menjamin seluruh fasilitas fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. RCM akan membawa kepada sebuah program maintenance yang fokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi.

RCM mempunyai beberapa definisi adalah sebagai berikut ( Tahril Aziz *et.al.*, 2009 ) :

1. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dikerjakan untuk menjamin setiap aset fisik tetap bekerja sesuai yang diinginkan atau suatu proses untuk menentukan perawatan yang efektif
2. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance* (*pm*) dan *corrective maintenance* (*cm*) untuk

memaksimalkan umur (*life time*) dan fungsi aset / sistem / *equipment* dengan biaya minimal (*minimum cost*).

Aileen (2010) pada penelitiannya menjelaskan langkah-langkah pengolahan data dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) :

1. Identifikasi *equipment* yang penting untuk diberikan perhatian khusus, biasanya digunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).
2. Menentukan penyebab terjadinya kegagalan, tujuannya untuk memperoleh probabilitas kegagalan dan menentukan komponen kritis yang rawan terhadap kegagalan. Untuk melakukan hal ini maka diperlukan data yang historis yang lengkap.
3. Mengembangkan kegiatan analisis *Fault Tree Analysis* (FTA), seperti : menentukan prioritas *equipment* yang perlu diberikan perawatan.
4. Mengklasifikasikan kebutuhan tingkatan *maintenance*.
5. Mengimplementasikan keputusan berdasar *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
6. Melakukan evaluasi, ketika sebuah *equipment* dioperasikan maka data secara *real-life* dicatat, tindakan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) perlu di evaluasi kembali setiap saat agar terjadi proses penyempurnaan.

Proses *Reliability Centered Maintenance* (RCM) mengklasifikasikan konsekuensi menjadi empat kelompok. Strategi ini dapat dijadikan kerangka kerja untuk melakukan pengambilan keputusan pemeliharaan. Keempat kelompok tersebut adalah sebagai berikut( Aileen, 2010).



1. Konsekuensi keselamatan

Kegagalan yang terjadi dapat menimbulkan konsekuensi melukai atau mengancam jiwa seseorang.

2. Konsekuensi operasi

Kegagalan yang terjadi tidak berdampak pada keamanan ataupun mematikan sistem dan dampaknya tergolong kecil.

3. Konsekuensi non operasi

Kegagalan yang terjadi tidak berdampak pada keamanan ataupun mematikan sistem dan dampaknya tergolong kecil.

4. Konsekuensi kegagalan tersembunyi

Kegagalan yang terjadi ini tidak diketahui operator.

Langkah selanjutnya adalah dengan memilih maintenance task sesuai dan ada lima jenis *maintenance task*. Lima jenis *maintenance task* tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Condition-Directed Task*

Jenis penugasan pemeliharaan ini mengarah kepada tes diagnose secara berkala atau inspeksi yang mana membandingkan kondisi material yang sudah ada sebelumnya (bisa juga dengan melihat pada performansi dari sebuah item yang sudah standar) dan dilanjutkan dengan mengambakl langkah berikutnya. Adapun tujuan dari *Condition-Directed Task* ini adalah untuk mengetahui kegagalan potensial yang bisa dicegah (diperbaiki terlebih dahulu) sebelum terjadinya kegagalan yang actual.

2. *Time-Directed Life-Renewal Task*

*Time-Directed Life-Renewal Task* bertugas untuk memperbaiki ataupun mengganti sebuah item tersebut mencapai suatu waktu dimana

probabilitas kegagalan menjadi semakin besar (misalnya saja adalah peningkatan dari probabilitas kegagalan yang dikenal dengan istilah *wear out*). Dalam penugasan pemeliharaan jenis kedua ini, ada dua macam penugasan, *restoration* dan *replacement*. Pada *restoration*, sebuah item yang sudah mencapai tingkat *wear out* harus diganti dengan item yang baru. Sedangkan pada *replacement*, sebuah masih bisa diperbaiki dengan cara-cara tertentu sehingga nantinya bisa digunakan kembali.

### 3. *Failure Finding Task*

Penugasan pemeliharaan *failure finding* ini digunakan untuk mengevaluasi kondisi dimana kegagalan yang terjadi tersembunyi dari operator.

### 4. *Servicing Task*

*Servicing task* memiliki tugas untuk menambah barang atau bahan yang akan habis digunakan pada saat beroperasi normal. Salah satu contohnya adalah dengan menambahkan kertas pada sebuah printer.

### 5. *Lubrication Task*

*Lubrication task* ini spesifik dalam hal melumasi dan pemberian minyak (lubrikasi) secara rutin. Selain itu juga bisa diterapkan aplikasi pelumasan atau lubrikasi pada permukaan stasioner untuk memberikan perlindungan dari lingkungan luar. Penugasan pemeliharaan yang ini tidak membutuhkan justifikasi yang luas namun harus dilakukan evaluasi.

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan *Preventive maintenance*. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perencanaan dan kualitas pembentukan *preventive maintenance*

yang efektif. Perencanaan tersebut juga meliputi komponen pengganti yang telah diprediksikan dan direkomendasikan (Alghofari *et.al.*, 2006)..

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan sebuah proses teknik logika untuk menentukan tugas-tugas pemeliharaan yang akan menjamin sebuah perancangan sistem keandalan dengan kondisi pengoperasian yang spesifik pada sebuah lingkungan pengoperasian yang khusus. Penekanan terbesar pada *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah menyadari bahwa konsekuensi atau resiko dari kegagalan adalah jauh lebih penting dari pada karakteristik teknik itu sendiri. Pada kenyataannya perawatan proaktif tidak hanya menghindari kegagalan tetapi lebih cenderung untuk menghindari resiko atau mengurangi kegagalan (Alghofari *et.al.*, 2006).

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) diharapkan menampilkan sebuah kerangka kerja berdasarkan informasi keadaan untuk perencanaan yang efisien, aplikatif dan mampu sebagai pilihan terbaik dalam penyesuaian atau pengembangan model pemeliharaan yang optimal. (Alghofari *et.al.*, 2006).

Dalam *Reliability Centered Maintenance* (RCM) terdapat empat komponen, empat komponen tersebut adalah sebagai berikut (Aileen, 2010) :

1. *Reactive Maintenance*

*Reactive Maintenance* merupakan *maintenance* yang berprinsip pada pengoperasian sampai dengan rusak atau perbaiki ketika rusak. *Maintenance* jenis ini hanya dilakukan ketika proses deteriorasi sudah menghasilkan kerusakan.

2. *Preventive Maintenance*

*Preventive Maintenance* sering disebut juga dengan *time based maintenance*. *Maintenance* jenis ini sudah dapat mengurangi frekuensi

kegagalan ketika diterapkan bila dibandingkan dengan *Reactive Maintenance*. *Preventive Maintenance* dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi komponen. Kegiatannya antara lain terdiri dari pemeriksaan, penggantian komponen, kalibrasi, pelumasan, dan pembersihan. Tetapi *Preventive Maintenance* masih memiliki kekurangan juga seperti kurang efektif dan efisien dari segi biaya ketika diterapkan sebagai satu-satunya metode *maintenance* dalam sebuah perencanaan.

### 3. *Predictive Testing and Inspection*

*Predictive Testing and Inspection* digunakan untuk menentukan kondisi suatu komponen terhadap umurnya. Metode ini merupakan yang paling baik di antara yang lainnya dalam menentukan jadwal *maintenance*. Banyak metode yang kurang valid oleh karena itu adanya informasi mengenai *age-reliability characteristic*.

### 4. *Proactive Maintenance*

*Proactive Maintenance* ini akan menuntun pada desain, *workmanship*, instalasi, prosedur, dan *scheduling maintenance* yang lebih baik. Karakteristik dari *maintenance* ini adalah *continous improvement* dan menggunakan *feedback* serta komunikasi untuk memastikan bahwa usaha *improvement* yang dilakukan membawa hasil yang positif. Analisis *root-cause failure* dan *predictive analysis* diterapkan untuk mendapatkan *maintenance* yang efektif, menyusun interval kegiatan *maintenance*, dan memperoleh *life cycle*.

#### 2.2.3 *Reliability*

*Reliability* atau keandalan merupakan probabilitas suatu komponen atau sistem atau alat akan melakukan suatu fungsi yang dibutuhkan, pada periode waktu

yang diharapkan dibawah kondisi operasi yang telah ditentukan. Terkait dengan *reliability* suatu sistem, terdapat hal yang perlu diperhatikan yaitu kegagalan suatu sistem dalam melakukan pekerjaan sesuai dengan target yang diharapkan. Kondisi mesin yang siap bekerja secara normal atau memiliki *availability* tinggi sangat diharapkan oleh perusahaan untuk dapat berproduksi optimal. Oleh karena itu, diperlukan sebuah aktivitas pemeliharaan (*maintenance*). Aktivitas *maintenance* ini bisa didefinisikan sebagai aktivitas agar komponen atau sistem yang rusak akan dikembalikan atau diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu (Aileen, 2010).

Menurut Didik *et.al.* (2010) yang di kutip dari Priyanta (2000) tentang kehandalan didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan.

Konsep lain yang juga sering digunakan untuk menyatakan kehandalan suatu komponen adalah laju kegagalan (*failure rate*,  $\lambda$ ) dan *Mean Time to Failure* (MTTF). Kehandalan merupakan probabilitas yang nilainya selalu diantara 0 dan 1 (Didik *et.al.*, 2010 ). Kehandalan juga ditentukan oleh waktu sebagai variabel random yang mengikuti distribusi eksponensial dan distribusi normal, maka diperlukan suatu fungsi kehandalan yang dinotasikan sebagai  $R(t)$  yang menyatakan probabilitas suatu sistem dapat berfungsi dengan baik selama  $[0,t]$ ;

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt$$

Laju kegagalan atau *failure rate*,  $\lambda$  adalah rasio dari total jumlah kegagalan dengan total waktu operasi (Didik *et.al.*, 2010). *Failure rate* menunjukkan seberapa sering

suatu item mengalami kegagalan pada periode waktu tertentu. *Failure rate* dapat dinyatakan dengan persamaan matematis sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{r}{T(t)}$$

dimana :  $T(t)$  = total jam operasi

$r$  = jumlah *failure*

$\lambda$  = laju kegagalan

Untuk menghitung nilai kehandalan dapat digunakan formula sesuai dengan tipe distribusi dari data, antara lain :

#### 1. Distribusi Eksponensial

$$R = e^{-\lambda t}$$

$\lambda$  = laju kegagalan

#### 2. Distribusi Normal

$$R = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

Dimana  $\sigma$  = deviasi standar

$\mu$  = rata-rata / mean

#### 3. Distribusi Weibull

$$R = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

$\alpha$  = shape parameter

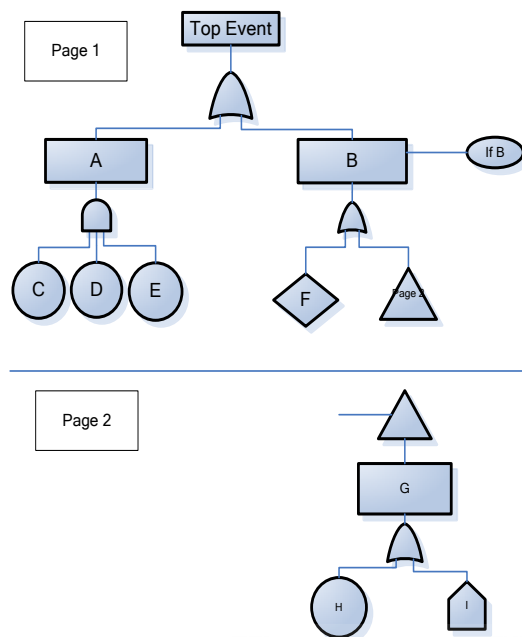
$\beta$  = scale parameter

$\gamma$  = threshold parameter

#### 2.2.4 *Fault Tree Analysis*

*Fault Tree Analysis* (FTA) dapat didefinisikan sebagai alat yang berguna dalam menunjukkan sebuah analisis sistem pengaman dan teknik desain grafis yang menyediakan alternative dari *reliability block diagram*. *Fault Tree Analysis* (FTA) ini memiliki ruang lingkup yang lebih luas dibandingkan dengan *reliability block diagram* dan berbeda dari *reliability block diagram* dalam kebanyakan aspek. *Fault Tree Analysis* (FTA) tersusun secara *top-down* dan terstruktur dalam analisis deduktif tidak hanya dalam komponen-komponen, melainkan dalam kejadian-kejadian. Perspektifnya adalah lebih menekankan pada kegagalan dibandingkan dengan kehandalan. Semua kegagalan adalah kesalahan, namun tidak semua kesalahan dapat digolongkan sebagai kegagalan. Keuntungan memfokuskan pada kegagalan adalah kegagalan lebih mudah untuk ditemukan dan kemungkinan akan jauh lebih sedikit ditemukan kegagalan yang terjadi sebagai kebalikan dimana keberhasilan akan lebih sering muncul ( Aileen, 2010 ).

Fokus dari *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah pada kegagalan yang signifikan atau kejadian *catastrophic* (mendatangkan bencana) dan biasanya ditunjukkan dalam *top event* dan muncul di bagian atas *Fault Tree Analysis* (FTA). Secara umum, gambar dari *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.2. Gambar *Fault Tree Analysis* (FTA)

Empat langkah yang diterapkan pada penelitian Aileen (2010) dari *Fault Tree Analysis* (FTA), adalah sebagai berikut :

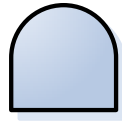
1. Mendefinisikan sistem, perbatasannya (constrain), dan *top event*.
2. Membangun *Fault Tree*, dibentuk secara simbolik yang mana mempresentasikan sistem dan *event*.
3. Menunjukkan evaluasi kualitatif dengan mengidentifikasi kombinasi-kombinasi dari *event* yang menyebabkan munculnya *top event*.
4. Menunjukkan evaluasi kuantitatif dengan menentukan probabilitas kegagalan ataupun ketidaktersediaan pada *basic event* dan menghitung probabilitas *top event*.

Simbol-simbol yang sering kali digunakan oleh Aileen (2010) dalam pengolahan data pada *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah sebagai berikut :



## 1. AND gate

Gate logika dimana *output event* munculnya hanya ketika *input event* telah muncul.



## 2. OR gate

Gate logika di mana *output event* muncul jika paling sedikitnya ada satu *input event* telah muncul.



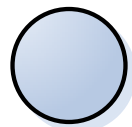
## 3. Resultan event

Event kegagalan berasal dari kombinasi logika dari *event* kegagalan yang lainnya dan biasanya merupakan *output* untuk sebuah gate logika.



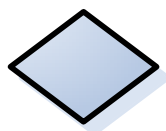
## 4. Basic event

Event dasar yang yang independe di mana mewakilkan kegagalan dasar atau komponen. Analisis diakhiri dengan basic event (tidak ada lagi event di bawah basic event).



## 5. Incomplete event

Sebuah event yang belum selesai dikembangkan oleh karena kekurangan pengetahuan mengenai penyebab-penyebab kegagalan atau oleh karena kurang pentingnya dalam proses analisis.



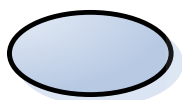
## 6. Transfer-in dan transfer-out

Digunakan sebagai penghubung dalam FTA yang tidak bersambung atau muncul di lembaran yang berbeda.



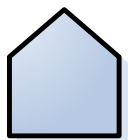
## 7. Conditional event

Sebuah kondisi atau pembatasan pada gate logika.



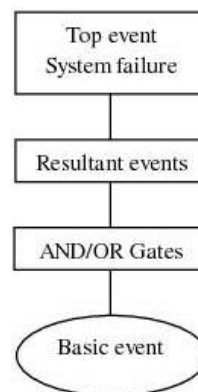
## 8. Normal event

Event yang bukan merupakan sebuah kegagalan.



Bentuk umum dari sebuah *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah sebagai berikut

( Aileen, 2010 ) :



Gambar 2.3. Bentuk umum *Failure Tree Analysis*

### 2.2.5 *Failure Mode and Effect Analysis*

FMEA merupakan salah satu metode sistematis yang digunakan untuk menganalisis kerusakan / kegagalan mesin dalam beroperasi. FMEA pertama kali dikembangkan oleh para *reliability engineers* pada akhir tahun 1950-an untuk menentukan masalah yang muncul pada malfungsi sistem peralatan militer ketika itu. Teknik FMEA digunakan sebagai bagian integral dari pelaksanaan analisis RCM. Ide utama RCM adalah untuk mencegah kerusakan dengan mengeliminasi atau mengurangi penyebab kerusakan. Analisis FMEA memfokuskan pada penyebab kerusakan dan mekanisme terjadinya kerusakan. Ketika penyebab dan mekanisme kerusakan telah diidentifikasi untuk setiap *failure mode*, selanjutnya dapat diberikan saran untuk waktu pelaksanaan *preventive maintenance*, atau perencanaan tindakan monitoring untuk menurunkan *failure rate*. Setelah *rating* ditentukan selanjutnya tiap pokok persoalan dikalkulasi dengan mengalikan *severity*, *occurrence*, dan efektivitas :

$$RPN = Severity \times Occurrence \times \text{efektivitas}$$

Nilai RPN yang dihasilkan menunjukkan tingkat prioritas perbaikan untuk area/komponen yang terdapat dalam sistem. Adapun kriteria untuk penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan Efektivitas dijelaskan pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Rating *Severity*

Rating <i>Severity</i> pada FMEA Perawatan			
Ranking	Akibat ( <i>Effect</i> )	Kriteria Verbal	Akibat pada produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan apa - apa ( tidak ada akibat ), penyesuaian yang diperlukan.	Proses dalam pengendalian dengan tanpa.
2	Akibat sangat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti. Akibat hanya dapat diketahui oleh operator berpengalaman.	Proses dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit perawatan.
3	Akibat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti. Akibat hanya dapat diketahui oleh rata - rata operator.	Proses telah berada di luar pengendalian, beberapa penyesuaian diperlukan.
4	Akibat minor	mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terdapat sedikit gangguan. Akibat hanya dapat diketahui oleh semua operator.	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i> atau tidak ada kehilangan waktu produksi.
5	Akibat moderat	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun telah menimbulkan kegagalan produk. Operator merasa tidak puas, karena tingkat kinerja berkurang.	30 - 60 menit <i>downtime</i> .

Tabel 2.1 Rating *Severity* (sambungan)

Rating <i>Severity</i> pada FMEA Perawatan			
Ranking	Akibat ( <i>Effect</i> )	Kriteria Verbal	Akibat pada produksi
6	Akibat signifikan	Mesin tetap dapat beroperasi dan aman, tetapi menimbulkan kegagalan produk. Operator merasa sangat tidak puas dengan kinerja mesin.	1 - 2 jam <i>downtime</i> .
7	Akibat major	Mesin tetap dapat beroperasi, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh. Operator merasa sangat tidak puas.	2 - 4 jam <i>downtime</i> .
8	Akibat ekstrem	Mesin tetap dapat beroperasi, telah kehilangan fungsi utama mesin.	4 - 8 jam <i>downtime</i> .
9	Akibat serius	Mesin gagal beroperasi, serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja	> 8 jam <i>downtime</i> .
10	Akibat berbahaya	Mesin tidak layak di operasikan, karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba - tiba dan bertentangan dengan peraturan keselamatan kerja.	> 8 jam <i>downtime</i> .

(Model Tabel berdasarkan Gaspersz, 2002)

Tabel 2.2. Rating Kejadian ( *Occurrence* )

Rating Kejadian ( <i>Occurrence</i> )			
Ranking	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat kejadian kerusakan
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi.	> 10.000 jam operasi mesin.
2	<i>Remote</i>	Kerusakan jarang terjadi.	6.001 - 10.000 jam operasi.
3	Sangat sedikit	Kerusakan terjadi sangat sedikit.	3.001 - 6.000 jam operasi.
4	Sedikit	Kerusakan terjadi sedikit.	2.001 - 3.000 jam operasi.
5	Rendah	Kerusakan terjadi pada tingkat rendah.	1.001 - 2.000 jam operasi.
6	Medium	Kerusakan terjadi pada tingkat medium.	401 - 1.000 jam operasi.
7	Agak tinggi	Kerusakan terjadi agak tinggi.	101 - 400 jam operasi.
8	Tinggi	Kerusakan terjadi tinggi.	11 - 100 jam operasi.
9	Sangat tinggi	Kerusakan terjadi sangat tinggi.	2 - 10 jam operasi
10	Hampir selalu	Kerusakan selalu terjadi.	< 2 jam operasi.

(Model Tabel berdasarkan Gaspersz, 2002)

Tabel 2.3. Rating Efektivitas

Rating Efektivitas Perawatan		
Ranking	Kejadian	Kriteria Verbal
1	Hampir pasti	Perawatan preventif akan selalu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
3	Tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
4	<i>Moderately high</i>	Perawatan preventif memiliki kemungkinan " <i>moderately high</i> " untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
5	<i>Moderate</i>	Perawatan preventif memiliki kemungkinan " <i>moderate</i> " untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
6	Rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
7	Sangat rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
8	<i>Remote</i>	Perawatan preventif memiliki kemungkinan <i>remote</i> untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
9	<i>Very remote</i>	Perawatan preventif memiliki kemungkinan <i>very remote</i> untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
10	Tidak pasti	Perawatan preventif akan selalu tidak mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

(Model Tabel berdasarkan Gaspersz, 2002)

Menurut Stamatis (1995) yang dikutip oleh Aileen (2010) secara umum, FMEA membutuhkan identifikasi dari beberapa informasi-informasi dasar yaitu :

1. Item (benda atau barang apa yang diteliti)
2. *Function* (fungsi yang diteliti)

3. *Failure* (kegagalan yang terjadi)
4. *Effect of failure* (efek dari kegagalan tersebut)
5. *Cause of failure* (penyebab kegagalan tersebut)
6. *Current control* (pengontrol keadaan saat ini)
7. *Recommended action* (tindakan apa yang telah direkomendasikan)

Langkah-langkah dasar yang di gunakan oleh Aileen (2010) dalam membuat suatu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan dan melihat kembali informasi-informasi yang relevan.
2. Mengidentifikasi benda atau barang atau proses yang akan dianalisis.
3. Mengidentifikasi dari *function, failure, effect, cause and control* untuk setiap item atau proses untuk dapat dianalisis.
4. Mengevaluasi keterkaitan antara resiko dengan persoalan yang telah diidentifikasi dari hasil analisis.
5. Memprioritaskan dan memberikan tindakan korektif.
6. Melakukan tindakan korektif dan evaluasi kembali resiko yang ada.
7. Mendistribusi, meninjau ulang, dan melakukan pembaharuan mengenai analisis sesuai dengan yang dibutuhkan.

*Failure Mode and Effect Analysis* adalah proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsional dari sistem tersebut (Wahyudi, D *et.al.*, 2010).

#### 2.2.6 *Fishbone Diagram*

*Fishbone diagram* adalah suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara faktor-faktor penyebab masalah dan akibat yang ditimbulkan. Manfaat dari *fishbone diagram* antara lain mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah serta membangkitkan ide-ide untuk mengatasi permasalahan tersebut.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Pada bab ini berisi tentang objek penelitian, pembangunan model, analisis model, perancangan penelitian dan tahap-tahap penelitian, bahan dan alat-alat yang digunakan, metode pengambilan data, dan cara pengolahan data serta analisis data.

#### **1.9. Obyek Penelitian**

Penelitian dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) Bandung Jawa Barat. Pada penelitian ini, yang menjadi obyek penelitian adalah mesin TOSHIBA BMC-100(5)E.

#### **1.10. Identifikasi Masalah**

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi masalah, yaitu bagaimana meningkatkan efektivitas kegiatan *maintenance* pada PT. Dirgantara Indonesia (Persero) Bandung, dengan cara menganalisa kegiatan *maintenance* yang dilakukan oleh PT. Dirgantara Indonesia (Persero) terhadap mesin TOSHIBA BMC-100(5) E untuk meningkatkan efektivitas kegiatan *maintenance* sehingga tidak terjadi lagi *overhaul* pada mesin TOSHIBA BMC-100(5)E dengan mengaplikasikan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).



### 1.11. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara :

#### 3.3.1. Pengumpulan Data

##### 1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan agar peneliti dapat menguasai teori maupun konsep dasar yang berkaitan dengan masalah yang sedang diteliti. Studi ini dilakukan dengan membaca dan mempelajari beberapa referensi seperti literatur, laporan-laporan ilmiah dan tulisan-tulisan ilmiah lain yang dapat mendukung terbentuknya landasan teori, sehingga dapat digunakan sebagai landasan yang kuat dalam analisis penelitian.

##### 2. Penelitian Lapangan

Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan cara melaksanakan penelitian langsung ke Perusahaan yang bersangkutan. Data terkait didapatkan dengan sumber :

##### a. Observasi

Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan cara melaksanakan penelitian langsung kelokasi, dengan tujuan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Dengan mengamati secara langsung keadaan dan kegiatan yang terjadi sesuai dengan kebutuhan data yang diinginkan dan berdasarkan tujuan penelitian.

b. Wawancara

Merupakan pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab langsung tentang masalah yang terkait penelitian dengan mekanik, operator mesin, dan pihak – pihak terkait yang berada di departemen *maintenance*.

c. Data Perusahaan

Data-data lain yang dibutuhkan dalam penelitian ini didapatkan dari literatur yang ada di perusahaan yang bersangkutan, meliputi sejarah berdirinya, visi, misi, kegiatan dan informasi lainnya.

3.3.2. Data Yang Dibutuhkan

Data-data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan peneliti langsung dari sumbernya yaitu perusahaan. Data primer meliputi:

- a. Data yang dibutuhkan untuk penelitian (hasil pengamatan di lapangan dan wawancara dengan operator)
- b. Data komponen-komponen mesin dan kemungkinan kegagalan yang terjadi pada setiap komponen mesin serta efek kegagalannya.
- c. Data umum instansi

## 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari sumber lain seperti hasil penelitian sebelumnya, jurnal dan lain-lain, yang digunakan untuk mendapatkan dan menggali teori-teori yang dapat mendukung pemecahan masalah dalam penelitian.

### **1.12. Preprocessing Data**

Preprocessing dilakukan untuk pemilahan data yang diperlukan dan tidak untuk proses pengolahan data.

### **1.13. Pengolahan Data**

Setelah data terkumpul, maka perlu dilakukan pengolahan data. Dalam Tugas Akhir ini data diolah dengan cara menentukan tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* hingga menemukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* dan dilanjutkan dengan memasukkan setiap kemungkinan kegagalan pada *Fault Tree Analysis* (FTA). Langkah selanjutnya adalah mengkategorisasikan setiap kegagalan pada empat macam konsekuensi kegagalan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang nantinya akan menjadi dasar dalam pengambilan keputusan pemeliharaan untuk setiap komponen mesin TOSHIBA BMC-100(5)E. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data sebagai berikut :

7. Identifikasi equipment yang penting untuk di-maintain, biasanya digunakan metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA).
8. Menentukan penyebab terjadinya kegagalan, tujuannya untuk memperoleh probabilitas kegagalan dan menentukan komponen kritis

yang rawan terhadap kegagalan. Untuk melakukan hal ini maka diperlukan data yang historis yang lengkap.

9. Mengembangkan kegiatan analisis Fault Tree Analysis (FTA), seperti :  
menentukan prioritas equipment yang perlu di maintain.
10. Mengklasifikasikan kebutuhan tingkatan maintenance.
11. Mengimplementasikan keputusan berdasar *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
12. Melakukan evaluasi, ketika sebuah equipment dioperasikan maka data secara real-life mulai direcord, tindakan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) perlu dievaluasi setiap saat agar terjadi proses penyempurnaan.

### **3.6 Analisis Penelitian**

Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran lengkap mengenai penelitian yang telah dilakukan mengarah kepada analisa hasil implementasi sebelum ditarik kesimpulan.

### **3.7 Rekomendasi**

Setelah analisis data, langkah selanjutnya adalah merekomendasikan kepada perusahaan mengenai penentuan perawatan mesin yang sesuai.

### **3.8 Kesimpulan dan Saran**

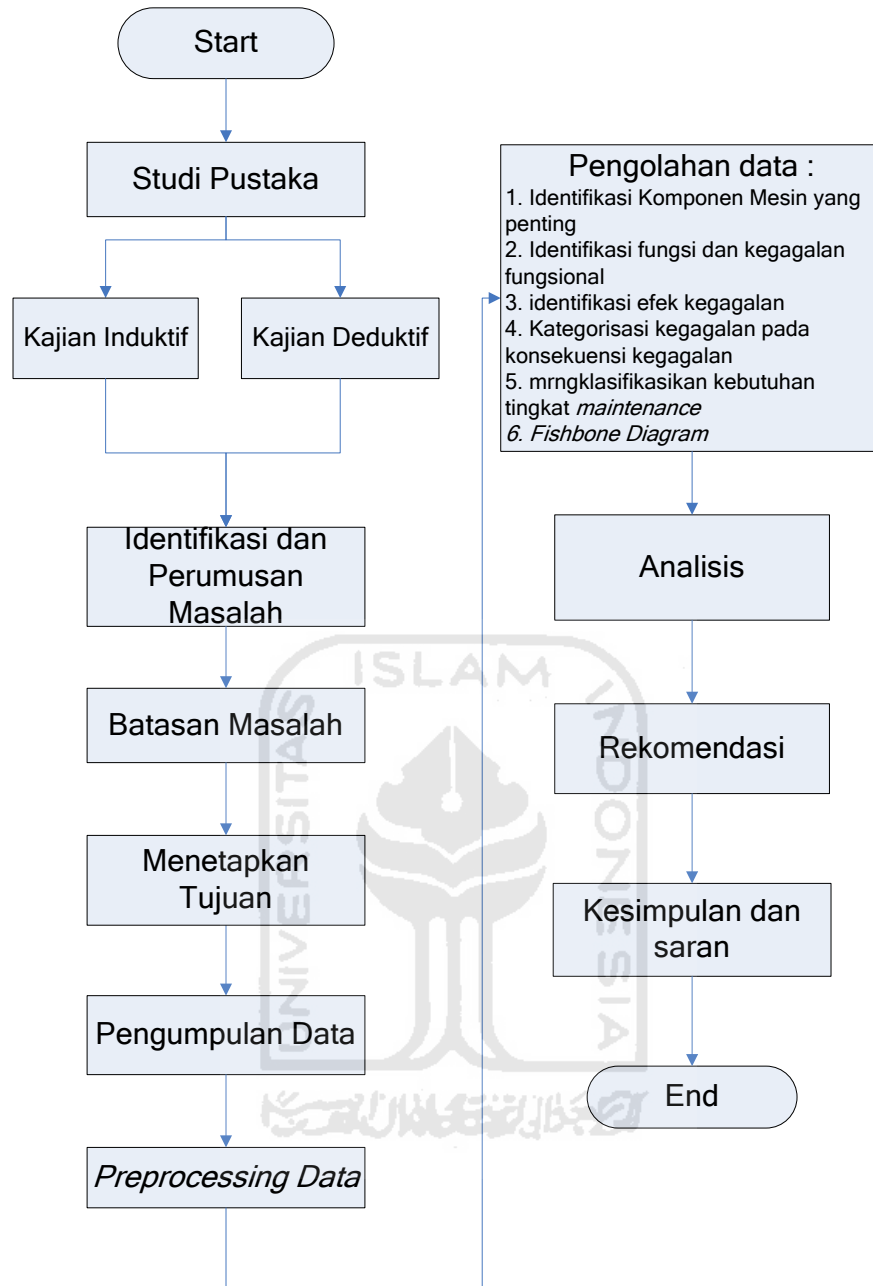
Penarikan kesimpulan terhadap kasus yang diselesaikan pada tahap akhir dalam penelitian ini setelah dilakukan analisa terhadap kasus yang dipecahkan. Penarikan kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan penelitian yang sudah ditetapkan.

Saran-saran juga dikemukakan untuk memberikan masukan mengenai penyelesaian kasus yang dihadapi pada sistem yang diteliti.

### **3.9 Diagram Alir Metode Penelitian**

Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, adalah, sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Model Penelitian

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

##### **4.1.1 Sejarah Singkat PT. Dirgantara Indonesia Persero**

Pembuatan pesawat terbang yang terjadi di Indonesia sebenarnya telah muncul pada saat kolonial Belanda masih menjajah, dan perjalanan industri pesawat terbang yang ada di Indonesia terdapat 2 periode yaitu prakemerdekaan dan pascakemerdekaan. Pada masa pemerintahan Belanda belum melakukan program perancangan pesawat, namun pada saat itu telah dilakukan serangkaian aktivitas yang berkaitan dengan pembuatan lisensi, serta evaluasi teknis dan keselamatan pesawat yang dioperasikan di Indonesia. Maka dari itu pada tahun 1914 didirikan lembaga seperti Bagian Uji Terbang di Surabaya. Pada tahun 1930 berdiri lembaga Bagian Pembuatan Pesawat Udara yang bertempat di Sukamiskin, lembaga tersebut memproduksi pesawat-pesawat buatan Kanada AVRO-AL.

Pada masa Indonesia sedang melakukan perebutan kemerdekaan dari Belanda atau pada saat perang melawan Belanda, rakyat Indonesia melakukan modifikasi-modifikasi pesawat yang ada untuk keperluan tempur melawan dan mempertahankan kemerdekaan dari penjajah. Ada beberapa tokoh yang berjasa pada saat itu yang melakukan modifikasi pesawat terbang seperti Agustinus Adisucipto, Wiweko Soepono, Nurtanio, dan J. Sumarsono. Pada tahun 1954, Nurtanio Pringgoadisuryo pun berhasil merancang sebuah pesawat dengan nama NU-200 yang dilanjutkan pada tahun 1958 berhasil memproduksi 5 unit Belalang 90 pesawat yang dipergunakan

untuk mendidik calon penerbang di Akademi Angkatan Udara dan Pusat Penerbangan Angkatan Darat. Pada tahun yang sama juga berhasil diterbangkan sebuah pesawat olahraga Kunang 25, Kolintang, dan Gelatik.

Pada tanggal 16 Desember 1961 pemerintah meresmikan LAPIP (Lembaga Persiapan Industri Penerbangan) untuk mengantisipasi perkembangan industri pesawat terbang yang semakin pesat. Pada tahun yang sama LAPIP yang mewakili Indonesia dan CEKOP mewakili pemerintah Polandia menandatangani kontrak kerja sama pembangunan pabrik pesawat terbang di Indonesia, yang meliputi pembangunan pabrik, pelatihan karyawan serta produksi di bawah lisensi pesawat PZL-104 Wilga yang kemudian lebih dikenal Gelatik. Pesawat yang diproduksi sebanyak 44 unit ini digunakan untuk dukungan pertanian, angkutan ringan dan aero club.

Dengan seiring berjalannya waktu, salah satu tokoh yang berjasa dalam pengembangan pesawat terbang yang ada di Indonesia gugur pada saat menjalankan pengujian terbang yaitu Nurtanio Pringgoadisuryo pada bulan Maret 1966, untuk menghormati jasanya tersebut nama LAPIP berganti menjadi LIPNUR (Lembaga Industri Penerbangan Nurtanio). Perkembangan berikutnya LIPNUR memproduksi pesawat terbang latih dasar LT-200, serta membangun bengkel punajual, perawatan, perbaikan dan overhaul. Pada tahun 1963 dibentuk institusi pendukung dan proyek pesawat terbang yang ada di Indonesia, pemerintah Indonesia meresmikan DEPANRI (Dewan Penerbangan dan Antariksa Republik Indonesia) dan pada Maret 1965 dimulai proyek KOPELAPIP (Komando Pelaksana Persiapan Industri Pesawat Terbang).

Pada waktu yang hampir bersamaan yakni pada 1974 PERTAMINA membentuk Divisi ATTP (The Advance Technology and Aeronautical Technology)



untuk membangun kepercayaan diri dalam bidang kemampuan teknologi di PERTAMINA pada khususnya dan untuk Indonesia pada umumnya. Setahun setelah berdiri, divisi ini berhasil menandatangani sebuah perjanjian kerjasama dengan dua industri pesawat terbang dari luar negeri yaitu MBB Jerman dan CASA Spanyol dalam memproduksi dua tipe pesawat di Indonesia yaitu, jenis Helikopter NBO-105 dan pesawat NC-212.

Proyek ini tidak berjalan mulus karena pada tahun 1974 PERTAMINA mengalami krisis. Kondisi itu memberi dampak negatif terhadap penanganan proyek produksi kedua jenis pesawat tersebut, sehingga pada akhirnya mengancam keberadaan program Divisi ATTP. Akan tetapi karena keberadaan Divisi ATTP beserta proyeknya merupakan bagian dari persiapan tinggal landas bagi bangsa Indonesia pada Pelita VI, maka presiden Soeharto menetapkan pembangunan industri pesawat terbang tetap dilanjutkan dengan segala konsekuensinya.

Pada tahun 1975, berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 12 tanggal 15 April 1975, dimulailah babak baru industri pesawat terbang Indonesia. Melalui peraturan ini, dihimpun segala aset, fasilitas dan potensi negara yang ada seperti aset Pertamina, Divisi ATTP dan aset lembaga Industri Pesawat Nurtanio (LIPNUR), AURI di Bandung yang digunakan untuk mendukung kegiatan pengembangan industri pesawat. Hal tersebut kemudian menandai penggabungan LIPNUR dan ATTP menjadi PT IPTN.

PT Industri Pesawat Terbang Nurtanio didirikan oleh DR. BJ. Habibie -yang juga adalah sebagai Direktur Utama- pada tanggal 28 April 1976 dengan Akta Notaris No. 15 di Jakarta. IPTN diresmikan oleh Soeharto pada 23 Agustus 1976. Bisa dikatakan bahwa sejak tahun 1976 telah tumbuh industri pesawat terbang modern dan

lengkap di Indonesia. Dalam perjalanan sejarah, pada 11 Oktober 1985, PT Industri Pesawat Terbang Nurtanio berubah menjadi PT Industri Pesawat Terbang Nusantara atau IPTN.

Berpegang pada filsosofi transformasi teknologi *“Begin at the End and End at the Beginning”* IPTN telah berhasil mentransfer teknologi penerbangan yang rumit dan terbaru. IPTN secara khusus telah menguasai desain pesawat terbang, rekayasa pengembangan serta manufaktur pesawat komuter kecil dan sedang. IPTN bekerja sama dengan pihak pabrikan melaksanakan pembuatan berbagai jenis pesawat terbang, seperti C212 Aviocar, C235, NBO105, NBK117, BN109, SA330 Puma, NAS332 Super Puma dan Nbell412. Hal ini kemudian berlanjut pada keberhasilan membuat pesawat N250 dan N2130.

Perjalanan sejarah IPTN kemudian memasuki masa-masa sulit manakala krisis moneter yang menimpa Indonesia sejak pertengahan tahun 1997 ternyata meluas ke arah krisis multi dimensi yang meliputi bidang-bidang ekonomi, sosial, budaya, hukum, akhlak dan hankam. Dampaknya pada kehidupan masyarakat Indonesia sangat besar, tidak terkecuali bagi kelangsungan IPTN. Dampak krisis tersebut memaksa pemerintah menyurutkan dukungan secara politis dan mengurangi suntikan dana yang sebelumnya merupakan sendi tempat IPTN bergantung. Hal inilah yang tidak diantisipasi oleh IPTN, diperparah lagi dengan kondisi internal IPTN yang secara finansial dan manajerial kurang mandiri..

Di tengah mulai memburuknya kondisi IPTN, Presiden RI, KH. Abdurrahman Wahid pada tanggal 24 Agustus 2000 meresmikan perubahan nama menjadi PT Dirgantara Indonesia. Perubahan nama tersebut dimaksudkan untuk memberi nafas dan paradigma baru bagi perusahaan. Meski persoalan yang timbul pun semakin rumit

dan kompleks, hal ini disebabkan volume bisnis jauh lebih kecil dari sumber daya yang tersedia, pengaruh SP-FKK sangat besar dalam pengelolaan perusahaan, budaya organisasi tidak sehat, Direksi tidak berfungsi sebagaimana mestinya, ketidakadaan modal kerja, beban gaji melebihi kemampuan serta beban hutang yang masih besar (SLA & RDI). Upaya penyelamatan PT DI akhirnya dilakukan didasarkan atas beberapa fakta bahwa PT DI adalah aset nasional, industri strategis yang mendukung kepentingan nasional dan memiliki kemampuan kedirgantaraan.

Strategi penyelamatan yang dilakukan diawali dengan tahap Rescue (sampai dengan Desember 2003), Recovery (Januari-Desember 2004) dan kemudian dilanjutkan dengan tahap Pertumbuhan bisnis.

Penyelamatan perusahaan dan penanganan karyawan diantaranya dilakukan dengan:

1. Program pengrumahan sementara yang berlaku bagi seluruh karyawan selama 6 bulan untuk *Stop-Bleeding*, peningkatan produktivitas dan pemulihan kepercayaan pelanggan.
2. RUPS luar biasa berupa pinjaman modal kerja senilai US \$ 39 Juta untuk PAF/TUDM/MPA-AU/BAe, restrukturisasi keuangan PMS dan RDI/SLA, pencabutan SKEP sistem pengupahan 15/10/02 kembali ke sistem sebelumnya, seleksi ulang seluruh karyawan, rasionalisasi 6000 Karyawan, jual aset non-produktif serta pengubahan susunan BOD & BOC.
3. Program seleksi ulang karyawan oleh Konsultan SDM independen "Perso Data".
4. Program *Re-staffing* (pemanggilan karyawan yang lulus seleksi ulang).

5. Program Pemutusan Hubungan Kerja (PHK) dilakukan dengan sosialisasi secara cascade dan melalui media massa.
6. Program *Re-deployment/Career Change Program* berupa konversi kompetensi, penyaluran ke BUMN lain, penyaluran ke perusahaan swasta lain, penyaluran ke luar negeri, *Training Entrepreneurship* dan *Family Counseling*.
7. Konsep PT DI baru, Re-Fokus lini usaha (terbagi menjadi 4: *Aircraft, Aerostructure, Maintenance* dan *Engineering Service*), organisasi baru, restrukturisasi sumber daya, bisnis proses baru dan budaya perusahaan baru .

Saat ini PT DI masih tetap terus memproduksi untuk berusaha memenuhi kontrak kerja yang telah disepakatinya. Meski dengan berbagai kendala dan kekurangan yang ada. Bagaimanapun langkah-langkah yang telah diambil diharapkan cukup memadai memperbaiki kinerja, efisiensi dan efektifitas perusahaan. Sehingga bukan hal yang mustahil PT DI nantinya bangkit kembali sebagaimana yang diharapkan seluruh bangsa dan negara ini.

#### 4.1.2 Visi Perusahaan

Menjadi perusahaan berbasis teknologi dirgantara yang unggul dalam rekayasa, rancang bangun, manufaktur, dan produksi pesawat terbang untuk angkutan penumpang dan kargo, baik untuk kepentingan komersial maupun militer yang mampu meraih keuntungan berdasarkan keunggulan kompetitif pada pasar domestik dan regional.

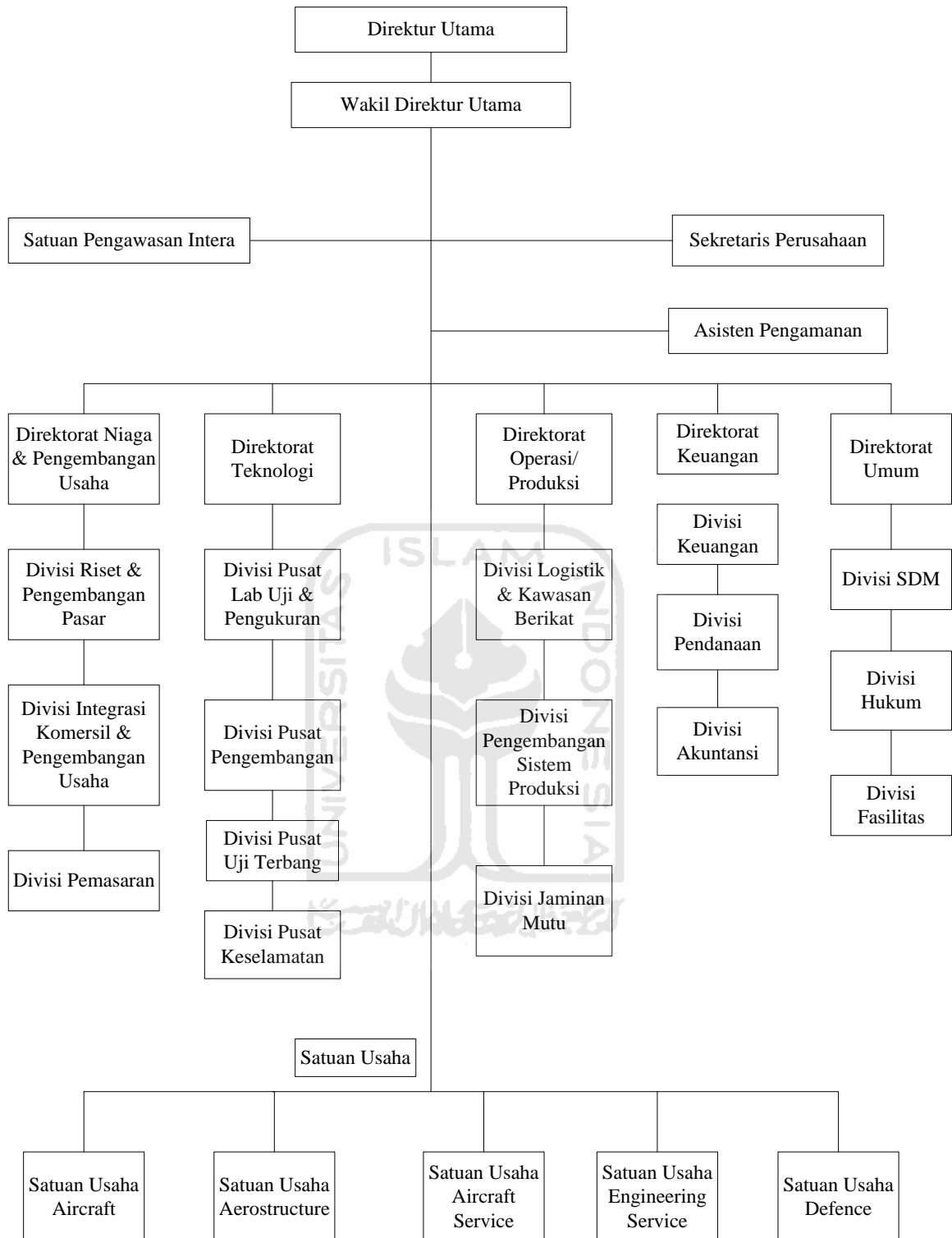
#### 4.1.3 Misi Perusahaan

Misi PT. DIRGANTARA INDONESIA adalah menjadi wahana transformasi industri untuk menjadi pusat keunggulan di bidang industri dirgantara yang berorientasi bisnis dan mampu mendukung kepentingan nasional, yang dapat memproduksi infrastruktur ekonomi berupa jembatan udara yang menghubungkan wilayah antar kota, antar provinsi, dan antar pulau.

#### 4.1.4 Struktur Organisasi

Deskripsi kedudukan, wewenang, dan kewajiban serta tanggung jawab civitas yang ada di PT. Dirgantara Indonesia dapat dilihat dari struktur organisasi yang dimiliki PT. Dirgantara Indonesia. Struktur organisasi PT. Dirgantara Indonesia dapat dilihat sebagai berikut:





Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT. Dirgantara Indonesia (Persero)

Pada tanggal 5 Mei 1997 di bentuk struktur organisasi tersebut atas SK dari pimpinan PT. DI, No. SK/015/1997 dengan bentuk struktur organisasi di perusahaan

tersebut: ORGANISASI GARIS dan STAF. Oleh sebab itu, PT. DI dipimpin oleh seorang Dirut, dan pengelolaanya dipegang oleh beberapa direksi, yang terdiri dari Direktorat Teknologi, Direktorat Produksi, dan Direktorat Umum. Semua direktorat itu berkedudukan sebagai anggota perusahaan PT. DI.

Direktorat berfungsi sebagai pelaksana yang berkedudukan langsung dibawah Dirut, dan tugas pokoknya:

1. Direktorat Teknologi, tanggung jawab menyiapkan perumusan kebijaksanaan, perencanaan, mengadakan penelitian di bidang pengembangan dalam kebutuhan perusahaan.
2. Direktorat Produksi, tanggung jawab menyiapkan perumusan kebijaksanaan, perencanaan, pengembangan, serta bimbingan supervisi teknis dalam menyelenggarakan fasilitas produksi, dan memproduksi pesawat terbang sesuai dengan program perusahaan yang lagi berjalan pada saat itu.
3. Direktorat Umum, memiliki tanggung jawab menyelenggarakan atau melaksanakan, mengarahkan, dan mengatur ketentuan umum di bidang administrasi, serta memberikan dukungan kepada organ-organ produksi perusahaan.

Dalam melaksanakan tugasnya sehari-hari, pimpinan dibantu oleh Sekretaris Pimpinan dan Badan Staf, yang terdiri dari Staf Komersil, Staf Keuangan, Staf Koordinator Pengamanan, Staf Koordinator Program, dan Inspektorat, masing-masing dikepalai oleh seorang assistant. Sekretariat berfungsi sebagai panitera dari perusahaan PT. DI yang berkedudukan langsung dibawah Dirut, sedangkan Staf Dirut

berfungsi sebagai staf pembantu tingkat dirut dan juga berkedudukan langsung dibawah Dirut, dengan tugas pokok sebagai berikut :

1. Staf Bidang Komersil, bertugas mengorganisir, merencanakan, melaksanakan, mengevaluasi dan mengembangkan kegiatan pemasaran dari hasil produksi.
2. Staf Bidang Keuangan bertugas mengatur pengelolaan dana secara efektif yang menjamin kelancaran dan pengaman teknis pengelolaan keuangan yang berpedoman pada kebijaksanaan Dewan Direksi dan berdasarkan peraturan pemerintah yang berlaku Inspektorat, bertugas melakukan pengawasan, pengamanan dan pemeriksaan di bidang keuangan, harga pembelian, inventaris, gudang, pembayaran, asuransi, dan klaim perusahaan secara menyeluruh.
3. Staf Bidang Program, bertugas melaksanakan koordinasi pelaksanaan program-program perusahaan, perencanaa dukungan material produksi dan pengendalian material produksi dalam ruang lingkup waktu kualitatif.
4. Staf Bidang Koordinator Pengamanan, bertugas melaksanakan koordinasi kegiatan-kegiatan pengamanan yang bersifat mencegah dan pengusutan.

Kegiatan yang mewujudkan dan menghasilkan produk-produk pesawat terbang dilaksanakan oleh enam badan pelaksana, diantaranya:

1. Divisi *Rotary Wing*, bertugas untuk memproduksi pesawat terbang jenis rotary wing (helicopter).
2. Divisi *Fixed Wing*, bertugas memproduksi/merakit pesawat terbang jenis fixed wing (sayaptetap).



3. Divisi Fabrikasi, bertugas untuk memproduksi komponen-komponen pesawat terbang beserta dengan alat bantu (*tool jig*).
4. Divisi Sistem Senjata, bertugas untuk memproduksi system senjata untuk keperluan tempur, divisi ini menempati lokasi secara terpisah yaitu di kota Tasimalaya, Jawa barat Divisi Aircraft Service, bertugas untuk melayani atau mengadakan perawatan dan perbaikan pesawat terbang dan peralatannya.
5. Divisi Motor dan Propulsi. Untuk lebih singkat dan jelasnya mengenai keorganisasiannya, penulis lampirkan skema Struktur Organisasi pada bagian lampiran.

#### 4.1.5 Aktivitas Perusahaan

PT. Dirgantara Indonesia merupakan industri pesawat terbang yang dimiliki oleh bangsa Indonesia. PT. Dirgantara Indonesia tidak hanya memproduksi pesawat terbang tetapi juga bergerak dibidang jasa yang masih berada di ruang lingkup industri pesawat terbang. Adapun aktivitasnya adalah sebagai berikut :

##### A. Produksi

Produk yang dihasilkan oleh PT. Dirgantara Indonesia sampai pada saat ini adalah sebagai berikut :

##### 1. *Aircraft Full Development :*

- N250
- N2130

##### 2. *Aircraft Joint Development and Production:*

- CN235 Sipil
- CN235 Militer
- CN235 Maritim

3. ***Aircraft under license Production :***

- NC212

4. ***Helicopter under license Production :***

- NBELL-412 HP/SP – *medium twin helicopter*
- Super Puma NAS-332 – *heavy helicopter*
- NBO-105 CB/CBS – *light twin helicopter*

5. ***Subcontract Program :***

- Boeing B737, B757, B767
- Lockheed F16
- Mitsubishi Heavy Industry
- Airbus A330, A340, A380

A. Jasa

Selain menghasilkan produk, PT.Dirgantara Indonesia juga menghasilkan dalam bidang jasa seperti :

1. *Engineering work packages; design, development. testing*
2. *Manufacturing subcontracts*
3. *Aircraft Maintenance Repair and Overhaul (MRO)*
4. *Engine Maintenance Repair and Overhaul (MRO)*
5. *Aircraft Industrial Tooling & Equipment Manufacturing*

B. Penguasaan Teknologi

1. *Engineering approval*: sertifikasi komponen dan pesawat dari DGAC, IMAA, serta JAA Eropa .
2. *Quality Assurance approval*: *General Dynamic* dengan persyaratan U.S. *Military Specification MIL-1- 45208A*, Bae, Lockheed, The Boeing Company, Daimler-Benz Aerospace, dan DGAC .

3. *Fabrication Approval* : CASA, The Boeing Company, Fokker, Helikopter Textron dan Bell.
4. *Product Support, Maintenance & Overhaul*
  - a. *Aircraft Services Approval* :  
 DGAC (sertifikat manajemen organisasi), *Terms of Approval Sultanete* dari OMAN (DGCAM), HANKAM (sertifikat stasiun perbaikan pesawat militer).
  - b. *Nusantara Turbin & Propulsi Approval* :
    - Otoriti:  
 DGAC, FAA, ATO dari Filipina, DGCAM OMAN, TNI-AU, GCA dari Malaysia.
    - Manajemen:  
 ISO-9002 (QSC-5508) dari DNV Belanda.
    - Manufaktur:  
 Allison-Rolls Royce, Rolls Royce, Garret-Allied Signal, Pratt & Whitney United Technology, General Electric, CFM International, Solar Turbine - Caterpillar, Union Pump, Cooper Industries.
5. Rancang bangun
  - a. Rancang bangun dan pengembangan N250 pesawat turbo prop berkapasitas 50-70 orang dengan teknologi canggih di kelasnya. Tahap yang dicapai : produksi *prototype* dan terbang perdana.
  - b. Rancang bangun N2130 pesawat turbo jet regional berkapasitas 100-130 orang. Tahap yang dicapai desain pendahuluan (*preliminary design*).

Tahap ketiga, komersialisasi hasil penguasaan teknologi baru berjalan empat tahun dan hal ini harus semakin terpacu berkaitan dengan perubahan-perubahan di fora nasional maupun internasional dewasa ini. Geliat PT. Dirgantara Indonesia menata kembali bisnisnya suatu yang tidak bisa dihindari ketika dihadapkan pada situasi krisis ekonomi dan politik di dalam negeri serta dalam rangka menghadapi serta mengantisipasi tantangan sejangat dan ke depan. Upaya ini melahirkan program restrukturisasi dengan dua fase strategi jangka panjang : Fase Survival (2000 - 2003) serta Fase Sehat dan Tumbuh (2004 dan seterusnya) yang berpijak pada tiga program utama : restrukturisasi usaha/bisnis, peningkatan kinerja pemasaran, dan menyetatkan struktur permodalan & efisiensi biaya.

Selain memproduksi pesawat terbang, PT Dirgantara juga memproduksi parts dan components pesawat eksternal seperti :

1. Boeing B767 stowage Bin, B737 trailing edge flap, B757 Bulhead assy
2. DASA- Germany (Flap track carriage of Airbus 330/334)
3. Foker BV (F-100 parts and components)
4. Bae Rappier base launcher
5. Lockheed (F 16 MLG Door, Flaferon, Vertical Fin Skin)
6. Mitsubishi Heavy Industries (B747, B767, B777parts, B767 component)

#### 4.1.6 Data dan Jam Kerja Karyawan PT.Dirgantara Indonesia Persero

Tenaga kerja yang ada di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) adalah 3000 orang karyawan tetap dan 2000 orang karyawan. Departemen yang paling banyak memiliki tenaga kerja adalah bagian Aero Structure. Pada bagian maintenance yang berada di bawah naungan departemen Aero Structure terdapat 18 karyawan terdiri dari 5 bagian administrasi dan 13 di bagian lapangan. Dari 13 karyawan lapangan hanya terdapat 3

tenaga senior yang sudah mengerti kesalahan yang sering terjadi, dan untuk yang 10 orang termasuk karyawan baru yang masih dalam bimbingan senior. Sistem penjadwalan tenaga kerja yang digunakan adalah 5 hari kerja dan 2 hari libur dengan jam kerja 07.30 s.d 16.30 WIB untuk hari Senin s.d Kamis dan jam 07.30 s.d 17.00 untuk hari Jum'at, waktu istirahat adalah 11.30 s.d 12.30 WIB untuk hari Senin s.d Kamis dan 11.30 s.d 13.00 WIB untuk hari Jum'at.

#### 4.1.7 Jam kerja mesin TOSHIBA BMC-100(5)E

Jumlah jam kerja mesin Toshiba BMC-100(5)E bulan Januari 2007 sampai dengan Oktober 2011 adalah 1261 hari.

$$\begin{aligned} \text{Jam operasi Toshiba BMC-100(5)E dalam 1 hari} &= 16 \text{ jam} \\ \text{Total jam} &= 1261 \times 16 \text{ jam} \\ &= 20176 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total jam operasi Toshiba BMC-100(5)E} &= \text{Total jam} - \text{total waktu mesin tidak} \\ &\text{berfungsi} \\ &= 20176 - 4848 \\ &= 15328 \text{ jam} \end{aligned}$$

#### 4.1.8 Komponen Mesin TOSHIBA BMC-100(5)E

Setelah dilakukan wawancara dengan pihak perusahaan, akhirnya didapatkan beberapa komponen mesin TOSHIBA BMC-100(5)E yang penting dan dijadikan sebagai data awal dalam perencanaan pemeliharaan mesin menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Berikut ini adalah komponen-komponen mesin TOSHIBA BMC-100(5)E yang mengalami kerusakan pada periode Januari 2007 sampai dengan Oktober 2011 berikut fungsinya untuk masing-masing komponen.

1. APC (*Automatic Pallet Changer*) APC merupakan singkatan dari *Automatic Pallet change*. Artinya penggantian *pallet* di lakukan secara otomatis. Untuk

proses APC, harus ada 2 *pallet*. 1 *pallet* berada di dalam mesin dan yang lain ada di luar mesin. Untuk *pallet* yang berada di luar mesin di gunakan untuk setting benda kerja yang belum di proses, sedangkan *pallet* yang ada di dalam mesin di gunakan untuk memproses benda kerja. Jika benda kerja selesai di setting di *pallet* yang ada di luar dan benda kerja yang ada di dalam mesin sudah di proses, maka APC dapat di lakukan. Artinya *pallet* yang ada di luar mesin masuk ke dalam mesin dan *pallet* yang ada di dalam mesin keluar secara otomatis.

2. ATC (*Automatic Tool Changer*) adalah perlengkapan yang terdiri dari tempat penyimpanan pahat yang berputar dengan sebuah pengganti pahat pada spindle. Pahat-pahat yang digunakan diseleksi secara otomatis oleh unit pengontrol mesin (MCU, *Machine Control Unit*), proses ATC secara simple adalah sbb:
  - a. *Magazine* menyiapkan *tool* yang akan di pindahkan ke area *spindle*.
  - b. *ARM ATC* mengambil *tool* dari *magazine* dan meletakkan *tool* tersebut ke *spindle*.
  - c. Jika pada *spindle* sebelumnya terdapat *tool*, maka *tool* yang ada di *spindle* di pindahkan ke ke *pot magazine* sesuai dengan alamat sebelumnya
3. Axis
  - a. *Linear axis* adalah sumbu yang bergerak secara linear. Umumnya mesin CNC machining center mempunyai 3 sumbu linear, yaitu X,Y dan Z axis.
  - b. *Rotaion Axis* adalah sumbu yang bergerak secara *rotary* (berputar). Pergerakan putar bisa di lakukan  $1^{\circ}$ , untuk mesin *Machining center tipe*

terbaru bisa di gerakkan  $0.1^\circ$  . sedangkan kepresisian gerakan rotari axis umumnya  $0.001^\circ$  .

c. *Tilting Angle of Pallets* adalah sumbu yang bergerak secara *tilt* (miring).

Sudut kemiringan mesin CNC ini + 10 / -100

#### 4. *CNC Unit*

Subsistem yang berfungsi untuk *controller* mesin CNC.

5. *Coolant* di gunakan untuk pendingin dan pelumas cutting tool saat proses berlangsung.

6. Panel kontrol adalah pusat pemerintahan dari mesin CNC. Dari panel kontrol ini semua perintah pergerakan mesin dikeluarkan. Setiap *Setter* mutlak harus memahami semua fungsi dari panel kontrol. Bagian pengendali/kontrol merupakan bak kontrol mesin CNC yang berisikan tombol-tombol dan saklar serta dilengkapi dengan monitor. Pada box control merupakan unsur layanan langsung yang berhubungan dengan operator.

#### 7. *Hydraulic unit*

Subsistem yang berfungsi sebagai pengontrol tenaga yang diberikan oleh servo.

8. Lube and coolant Mesin CNC machining center memerlukan pelumasan, karena gerakannya sangat cepat dan akurat. Sistem lubrikasi pada mesin CNC adalah:

a. Pelumasan untuk slideway, yaitu pelumasan untuk tempat / alur jalannya sumbu X,Y dan Z axis.

b. Pelumasan *gearbox table* / B axis.

c. Pelumasan *gearbox table* / A axis

- d. Pelumasan *gearbox spindle*.
9. *Machine unit* sebuah komputer kecil kuat yang mengontrol dan mengoperasikan mesin CNC.
  10. *Mechanic unit* sistem mekanis yang terlibat dalam gerakan sumbu CNC, serta bagaimana umpan balik digunakan untuk lokasi alat.
  11. *Servo unit* adalah subsistem listrik atau parsial listrik dan dimanfaatkan melalui motor listrik, yang merupakan pusat khusus tentang bagaimana servo memiliki kemampuan untuk membuat kekuatan mekanik yang mereka butuhkan untuk berfungsi. Ada gadget tertentu yang akan menggunakan hidrolika, prinsip-prinsip magnetik, dan pneumatik.
  12. *Spindle* adalah alat pemegang *tool* untuk melakukan proses. *Spindle* dapat di putar sesuai dengan yang di inginkan, namun kecepatan putarnya maksimal sesuai dengan spesifikasi dari motor *spindle* yang di gunakan.

Adapun spesifikasi mesin cnc TOSHIBA BMC – 100(5)E terlampir

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1. Identifikasi Kegagalan Fungsional dan Efek Kegagalan dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA)

Setiap sub sistem mesin TOSHIBA BMC-100(5)E dapat mengalami masalah yang nantinya dapat menyebabkan munculnya efek kegagalan. Setiap kegagalan fungsional beserta efek kegagalan yang akan muncul dari masing – masing sub sistem mesin akan diidentifikasi dengan bantuan *Fault Tree Analysis*. Namun *Fault Tree Analysis* yang dibuat bukan berdasarkan seluruh sub sistem yang ada di mesin TOSHIBA BMC-100(5)E melainkan dengan menggunakan data kerusakan yang

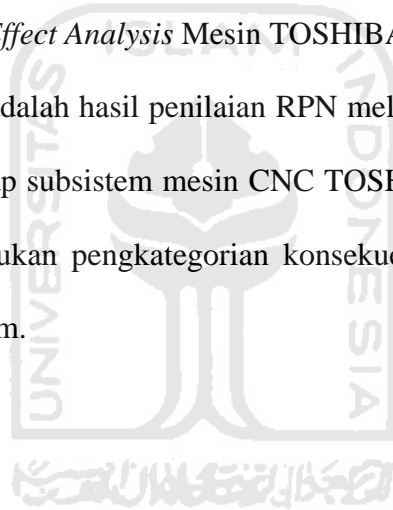


diperoleh dari penelitian dan berdasarkan terjadinya kegagalan mesin serta wawancara terhadap staf *maintenance*. *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat dilihat pada lampiran.

Setelah melihat gambar *fault tree analysis* mesin Toshiba BMC – 100(5)E seluruh kegagalan, terdapat beberapa subsistem mengalami kegagalan yang mengakibatkan mesin kehilangan fungsi serta mengakibatkan sistem mati. Maka akan dibuat *fault tree analysis* yang menjelaskan bahwa kegagalan yang terjadi dapat menyebabkan sistem tidak berfungsi atau mati (dominan). *Fault Tree Analysis* kegagalan dominan dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.2.2. *Failure Mode and Effect Analysis* Mesin TOSHIBA BMC-100(5)E

Berikut ini adalah hasil penilaian RPN melalui *Failure Mode an Effect Analysis* untuk setiap subsistem mesin CNC TOSHIBA BMC – 100(5)E, agar nantinya bisa dilakukan pengkategorian konsekuensi kegagalan yang terjadi pada setiap subsistem.



Tabel 4.1. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) mesin TOSHIBA  
BMC – 100(5)E

No.	Item	Potential Failure Mode			Potential Effect of Failure	Sev	Potential Cause of Failure	Occ	Current Process Cotnrol	Det	RPN
1	APC	Tidak berfungsi	Kerusakan pada limit switch	Terdapat korosi pada limit switch	APC tidak bisa melepas benda kerja secara otomatis	7	Limit switch kotor	7	Cleaning Limit Switch	2	98
		Tidak mau aktif	APC tidak mau bergerak	Benda kerja terlalu lama tidak lepas dari <i>pallet</i>	APC non aktif	8	Sudah terlalu lama tidak digunakan	2	Reseting manual	3	48
		Berubah	fungsi pada limit switch APC	solenoid valve tidak sempurna	POSISI STROKE LIMIT : BERUBAH	7	Limit switch kotor	2	Cleaning Limit Switch	2	28
		Macet, halangan	Kerusakan pada ARM APC	Terdapat benda asing pada APC	ARM APC Tidak bisa bergerak dengan baik	6	ARM APC kotor	7	Cleaning lokasi jangkauan ARM APC	2	84
		Tidak normal	M06 bermasalah	APC overtime		7		4		3	84
2	ATC	Tidak mau aktif	sekuen yang terhenti	ATC tidak mau aktif	Pergantian tool tidak bisa otomatis	5	perawatan yang kurang tepat	2	Human error	4	40

Tabel 4.1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E (sambungan)

No.	Item	Potential Failure Mode			Potential Effect of Failure	Sev	Potential Cause of Failure	Occ	Current Process Control	Det	RPN
	ATC	Patah/pecah/putus	ATC door	ATC tidak bisa bergerak	Pergantian tool tidak bisa otomatis	6	perawatan yang kurang tepat	5	Ganti flexible glass	4	120
		Tidak mau aktif	limit switch kotor ATC	ATC tidak aktif	Pergantian tool tidak bisa otomatis	8	Limit switch ATC kotor	6	Cleaning Limit Switch ATC	2	96
3	Axis	Tidak sempurna	Home position X,Z,B axis		A & B-AXIS : MENYIMPANG	8	setting mesin sebelum beroperasi kurang tepat	8	Cek absolute position	3	192
		Tidak berfungsi	Servo axis		CUTTING TEST RESULT : OUT OF TOLERANCE	8	terlalu lama bekerja	5	Ganti Servo	5	200
		Rusak	Bearing B axis		CUTTING TEST RESULT : OUT OF TOLERANCE	8	Aus	5	Ganti bearing B Axis	5	200
		Tidak sempurna	SKM B axis		CUTTING TEST RESULT : OUT OF TOLERANCE	8	SKM B Axis tidak pada posisi 0	5	Cek absolute position	2	80
		Patah/pecah/putus	Cover gear A axis		KARET TUTUP GIGI PENGGERAK A AXIS : PUTUS	8	terlalu lama bekerja	4	Ganti cover gear A Axis	5	160

Tabel 4.1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* mesin TOSHIBA  
BMC – 100(5)E

No.	Item	Potential Failure Mode		Potential Effect of Failure	Sev	Potential Cause of Failure	Occ	Current Process Cotnrol	Det	RPN
	Axis	Tidak sempurna	Geometrical test & adjustment	HASIL ACTUAL BENDA KERJA ADA PENYIMPANGAN +0,35	7	setting mesin sebelum beroperasi kurang tepat	3	SKM tes, Cek absolute position	3	63
		Tidak sempurna	B axis	GERAK SIMULTAN AXIS A & B TIDAK BAGUS	7	terlalu lama bekerja	2	SKM tes, Cek absolute position	3	42
		Aktif terus	Limit switch	STROKE LIMIT Switch	6	Limit Switch Axis kotor	4	Cleaning limit switch Axis	2	48
4	CNC Unit	Tidak normal	NC pada CNC unit	Kejenuhan pada NC	8	jam produksi yang terlalu padat	5	Penambahan cooling fan sebanyak 1 unit	4	160
		Rusak	Display monitor blank	Usia mesin yang sudah tua	8	-	7	Ganti monitor	5	280
		Patah/pecah/ putus	Fuse card I/O	Alarm NC8-008 I/O fuse error	8	jam produksi yang terlalu padat	9	Ganti Fuse card I/O	5	360

Tabel 4.1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* mesin TOSHIBA  
BMC – 100(5)E (sambungan)

No	Item	Potential Failure Mode		Potential Effect of Failure	Sev	Potential Cause of Failure	Occ	Current Process Control	Det	RPN
	CNC Unit	Tidak sempurna	Card BMB2, card BEM1	Hilang karakter pada program posisi Axis berubah-ubah	8	Kejenuhan pada NC	5	Replacing card BMB2 & card BEM1	5	200
		Tidak menentu / aneh	Program	URUTAN PROGRAM YANG DIEKSEKUSI : NGACAK	6	Kejenuhan pada NC	6	Set & Adjustment	3	108
		Tidak berfungsi	Card BMB2 = 1 ea	POSISI CHARACTER AC AK ( BLOK PROGRAM TIDAK PADA TEMPATNYA )	8	Kejenuhan pada NC	6	Replacing Card BMB2 = 1 ea	5	240
		Tidak sempurna	Kabel power DNC	DNC tidak tersambung ke computer	6	-	5	Tambah kabel power DNC	5	150
		Tidak berfungsi	Card BPU2 = 1 ea, card BCM2 = 1 ea	TROUBLE MEMORY PROGRAM	8	Kejenuhan pada NC	4	Replacing Card BPU2 = 1 ea, card BCM2 = 1 ea	5	160

Tabel 4.1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E (sambungan)

No.	Item	Potential Failure Mode		Potential Effect of Failure	Sev	Potential Cause of Failure	Occ	Current Process Control	Det	RPN	
		Tidak berfungsi	<i>Power supply Cosel</i> MMB50-3 input 85-132VAC output 5V=3a 24V=1,5A		screen tidak muncul / nyala	8	usia mesin yang sudah tua	4	Replacin g Power supply Cosel MMB50-3 input 85-132VAC output 5V=3a 24V=1,5 A	5	160
		Tidak normal	Card BMB2		ERROR/PEM BACAAN PROGRAM TIDAK NORMAL.	8	Kejenuhan pada NC	3	Replacin g Card BMB2 second hand	5	120
5	Conveyor	Rusak	PERBAIKAN COVER CONVEYOR		COVER CONVEYOR : LEPAS	7	jam produksi yang terlalu padat	3	Repairin g cover conveyor	5	105
		Macet, halangan	Conveyor	terdapat benda asing yang menhalangi jalannya conveyor	CONVEYOR : MACET	6	kotor	2	Cleaning conveyor	2	24
6	Cooling Unit	Kotor	Filter udara		OIL COOLER FAULT	4	filter udara kotor	2	cleaning filter udara	2	16
		Beban berlebih	Filter udara		OIL COOLER FAULT	4	filter udara kotor	2	cleaning filter udara	2	16

Tabel 4.1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* mesin TOSHIBA  
BMC – 100(5)E (sambungan)

No.	Item	Potential Failure Mode		Potential Effect of Failure	Sev	Potential Cause of Failure	Occ	Current Process Cotnrol	Det	RPN	
7	Electric Panel	Rusak	Main NFB 300 A		TIDAK ADA Power	8	jam produksi yang terlalu padat	5	Ganti main NFB 300 A	5	200
8	Lube & Coolant	Kotor	Slang Lube & Coolant		COOLANT : JAMMED	6	kotor	3	Pembersihan selang Lube & coolant	3	54
		Terbakar	Interchange coolant pump dari BMC-100R		COOLANT PUMP : OVER LOAD	5	jam produksi yang terlalu padat	2	Ganti coolant pump	5	50
		Aus	O-ring		OLI " GEAR CHANGE " BOCOR	7	jam jam produksi yang terlalu padat	8	Ganti O-ring	5	280
		Kurang oli	Oil shell tonna 68	Suara mesin kasar	SLIDE WAY LUB OIL LEVEL	7	kurang pengecekan pada saat setting awal	5	Tambah Oli	2	70
		Kurang oli	Oil shell Tonna 68	Suara mesin kasar	OLI SAMPING HABIS	7	kurang pengecekan pada saat setting awal	3	Tambah Oli	2	42

Tabel 4.1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E (sambungan)

No.	Item	Potential Failure Mode		Potential Effect of Failure	Sev	Potential Cause of Failure	Occ	Current Process Control	Det	RPN
9	Machine Unit	Berubah-ubah	All axis	NC 018 SERVO ABNORMAL	7	kurang pengecekan pada saat setting awal	7	human error	4	196
		Tidak berfungsi	Cable, Inverter Omron 3G3MU 2037	MESIN SERING BERHENTI (EMERGENCY STOP AKTIF SENDIRI).	8	terlalu lama digunakan	5	ganti Cable, Inverter Omron 3G3MU 2037	5	200
		Rusak	Cover pelindung CNC control & operator	COVER NC CONTROL	9	jam produksi yang terlalu padat	6	ganti Cover pelindung CNC control & operator	5	270
		Rusak	Door seal	PINTU MESIN TIDAK BISA DIBUKA	5	terdapat benda asing yang mengganggu	2	cleaning	2	20
10	Mechanic Unit	Patah/pecah/ putus	Belt A axis	Belt A putus.	8	jam produksi yang terlalu padat	6	ganti Belt A	5	240
11	Servo Axis	Tidak sempurna	All axis	SERVO AXIS : ABNORMAL	8	setup sebelum produksi kurang tepat	8	Geometric Run Out	2	128



Tabel 4.1. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E (sambungan)

No.	Item	Potential Failure Mode		Potential Effect of Failure	Sev	Potential Cause of Failure	Occ	Current Process Control	Det	RPN
	Servo Axis	Tidak berfungsi	Servo axis AM	SERVO AXIS : ABNORMAL	8	terlalu lama tidak digunakan	8	Replacing	5	320
		Tidak normal	Servo axis		8	setup sebelum produksi kurang tepat	8	Repairing	3	192
		Tidak sempurna	AM & AS position		7	setup sebelum produksi kurang tepat	8	Setting/Adjustment	3	168
		Tidak sempurna	Power supply 15V		8	jam operasi yang berlebihan	6	Replacing	5	240
		Tidak sempurna	Motor A slave		7	terlalu lama tidak digunakan	5	Set & Adjustment	3	105
12	Spindle Unit	Tidak normal	Solenoid valve	SPINDLE TIDAK BISA BERPUTAR	8	jam operasi yang berlebihan	2	Replacing	5	80
		Tidak normal	Solenoid valve gear change	SPINDLE TIDAK BISA PUTARAN 1000 S/D 1500 RPM	8	jam operasi yang berlebihan	2	Replacing	5	80
		Tidak tepat	Reset alarm / program	SPINDLE : SERING MATI	7	setting mesin kurang tepat	2	Set & Adjustment	3	42
		Kotor	Sensor Limit switch	TROUBLE SPINDLE OVERLOAD	5	kotor	2	Cleaning	2	20

Pada tabel *Failture Mode and Effect Analysis* (FMEA) tertera setiap subsistem mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E beserta kegagalan utama, efek kegagalan, dan penyebab kegagalan. Selain itu juga tertera ranking tingkat *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* untuk masing – masing subsistem yang ditentukan oleh pihak perusahaan. Penentuan ranking berdasarkan pada tabel kriteria masing – masing untuk tingkat *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Nilai tersebut yang nantinya akan menjadi landasan untuk pengklasifisian kebutuhan tingkat *maintenance*.

Berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) yang telah diurutkan mulai dari nilai RPN yang tertinggi hingga yang terendah.

Tabel 4.2. Rekapitulasi hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

<b>Failure</b>	<b>Severity</b>	<b>RPN</b>	<b>Urutan</b>
<i>Fuse card I/O broken</i> (CNC Unit)	8	360	1
<i>Servo axis AM trouble</i> (Servo Axis)	8	320	2
<i>Display monitor blank</i> (CNC Unit)	8	280	3
<i>O-ring aus</i> (Lube & Coolant)	7	280	
<i>Cover NC control rusak</i> (Machine Unit)	9	270	4
<i>Card BMB2 tidak berfungsi</i> (CNC Unit)	8	240	5
<i>Belt A putus</i> (Mechanic Unit)	8	240	
<i>Power supply 15V rusak</i> (Servo Axis)	8	240	
<i>Servo axis tidak berfungsi</i> (Axis)	8	200	6
<i>Bearing B axis aus</i> (Axis)	8	200	
<i>Card BMB2, card BEM1 rusak</i> (CNC Unit)	8	200	
<i>Main NFB 300 A rusak</i> (Electric Panel)	8	200	
<i>Emergency stop aktif sendiri</i> (Machine Unit)	8	200	7
<i>All axis berubah - ubah</i> (Machine Unit)	7	196	
<i>Home position X,Z,B axis tidak sempurna</i> (Axis)	8	192	8
<i>Servo axis tidak normal</i> (Servo Axis)	8	192	
<i>AM &amp; AS position</i> (Servo Axis)	7	168	9

Tabel 4.2. Rekapitulasi hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)  
(sambungan)

<b>Failure</b>	<b>Severity</b>	<b>RPN</b>	<b>Urutan</b>
<i>Cover gear A axis broken</i> (Axis)	8	160	10
<i>NC tidak normal</i> (CNC Unit)	8	160	
<i>Card BPU2 , card BCM2 rusak</i> (CNC Unit)	8	160	
<i>Power supply Cosel tidak berfungsi</i> (CNC Unit)	8	160	
Kabel power DNC tidak sempurna (CNC Unit)	6	150	11
<i>All axis tidak sempurna</i> (Servo Axis)	8	128	12
<i>ATC door broken</i> (ATC)	6	120	13
<i>Card BMB2 rusak</i> (CNC Unit)	8	120	
Program yang tidak menentu (CNC Unit)	6	108	14
<i>Cover conveyor rusak</i> (Conveyor)	7	105	15
<i>Motor A slave rusak</i> (Servo Axis)	7	105	
<i>Limit switch kotor</i> (APC)	7	98	16
<i>Limit switch ATC kotor</i> (ATC)	8	96	17
ARM APC kotor APC	6	84	18
<i>APC overtime</i> (APC)	7	84	
SKM B Axis tidak pada posisi 0 (Axis)	8	80	19
<i>Solenoid valve / spindle tidak bisa berputar</i> (Spindle Unit)	8	80	
<i>Solenoid valve gear change</i> (Spindle Unit)	8	80	
<i>Oil slide way oil level</i> (Lube & Coolant)	7	70	20
Hasil part tidak sesuai (Axis)	7	63	21
Selang <i>Lube &amp; Coolant</i> kotor (Lube & Coolant)	6	54	22
<i>Coolant pump</i> Terbakar (Lube & Coolant)	5	50	23
Sudah terlalu lama tidak digunakan (APC)	8	48	24
<i>Limit Switch Axis kotor</i> (Axis)	6	48	
B axis tidak sempurna (Axis)	7	42	25
Oli samping habis (Lube & Coolant)	7	42	
Setting mesin kurang tepat (Spindle Unit)	7	42	
Sekuen terhenti (ATC)	5	40	26
<i>Limit switch kotor/solenoid valve tidak sempurna</i> (APC)	7	28	27
Macet (Conveyor)	6	24	28
<i>Door seal rusak</i> (Machine Unit)	5	20	29
<i>Limit Switch kotor</i> (Spindle Unit)	5	20	
Beban berlebih (Cooling Unit)	4	16	30
<i>Filter udara kotor</i> (Cooling Unit)	4	16	

### 4.3. Kategori Konsekuensi Kegagalan

Kategori konsekuensi kegagalan yang dilakukan dengan memasukkan empat kategori konsekuensi kegagalan kedalam setiap kegagalan. Pada tabel 4.3 dapat dilihat hasil pengkategorian setiap kegagalan yang terjadi.

Tabel 4.3. Kategori Konsekuensi Kegagalan

Item	Failure	Kategori Konsekuensi Kegagalan
APC	<i>Limit switch</i> kotor (APC)	Konsekuensi Non operasi
	Sudah terlalu lama tidak digunakan (APC)	Konsekuensi Non operasi
	<i>Limit switch</i> kotor/ <i>solenoid valve</i> tidak sempurna (APC)	Konsekuensi Non operasi
	ARM APC kotor APC	Konsekuensi Non operasi
	APC <i>overtime</i> (APC)	Konsekuensi Non operasi
ATC	Sekuen terhenti (ATC)	Konsekuensi Operasi
	ATC <i>door broken</i> (ATC)	Konsekuensi Non operasi
	<i>Limit switch</i> ATC kotor (ATC)	Konsekuensi Operasi
Axis	<i>Home position X,Z,B axis</i> tidak sempurna (Axis)	Konsekuensi Operasi
	<i>Servo axis</i> tidak berfungsi (Axis)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	<i>Bearing B axis</i> aus (Axis)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	SKM B Axis tidak pada posisi 0 (Axis)	Konsekuensi Operasi
	<i>Cover gear A axis broken</i> (Axis)	Konsekuensi Non operasi
	Hasil <i>part</i> tidak sesuai (Axis)	Konsekuensi Non operasi
	B axis tidak sempurna (Axis)	Konsekuensi Operasi
	<i>Limit Switch</i> Axis kotor (Axis)	Konsekuensi Operasi
CNC Unit	NC tidak normal (CNC Unit)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	Display monitor blank (CNC Unit)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	<i>Fuse card I/O broken</i> (CNC Unit)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	<i>Card BMB2, card BEM1</i> rusak (CNC Unit)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi

Tabel 4.3. Kategori Konsekuensi Kegagalan (sambungan)

Item	Failure	Kategori Konsekuensi Kegagalan
	Program yang tidak menentu (CNC Unit)	Konsekuensi Operasi
	Card BMB2 tidak berfungsi (CNC Unit)	Konsekuensi Operasi
	Kabel power DNC tidak sempurna (CNC Unit)	Konsekuensi Operasi
	Card BPU2 , card BCM2 rusak (CNC Unit)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	<i>Power supply Cosel</i> tidak berfungsi (CNC Unit)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	Card BMB2 rusak (CNC Unit)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
Conveyor	<i>Cover conveyor</i> rusak (Conveyor)	Konsekuensi Non operasi
	Macet (Conveyor)	Konsekuensi Non operasi
Cooling Unit	Beban berlebih (Cooling Unit)	Konsekuensi Non operasi
	filter udara kotor (Cooling Unit)	Konsekuensi Non operasi
Electric Panel	<i>Main NFB 300 A</i> rusak (Electric Panel)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
Lube & Coolant	Selang Lube & Coolant kotor (Lube & Coolant)	Konsekuensi Non operasi
	<i>Coolant pump</i> Terbakar (Lube & Coolant)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	O-ring aus (Lube & Coolant)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	<i>Oil slide way oil level</i> (Lube & Coolant)	Konsekuensi Non operasi
	Oli sumping habis (Lube & Coolant)	Konsekuensi Non operasi
Machine Unit	<i>All axis</i> berubah - ubah (Machine Unit)	Konsekuensi Operasi
	<i>Emergency stop</i> aktif sendiri (Machine Unit)	Konsekuensi Operasi
	<i>Cover NC control</i> rusak (Machine Unit)	Konsekuensi Operasi
	<i>Door seal</i> rusak (Machine Unit)	Konsekuensi Non operasi
Mechanic Unit	<i>Belt A</i> putus (Mechanic Unit)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
Servo Axis	<i>All axis</i> tidak sempurna (Servo Axis)	Konsekuensi Operasi
	<i>Servo axis AM trouble</i> (Servo Axis)	Konsekuensi Operasi
	Servo axis tidak normal (Servo Axis)	Konsekuensi Operasi
	<i>AM &amp; AS position</i> (Servo Axis)	Konsekuensi Operasi
	<i>Power supply 15V</i> rusak (Servo Axis)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi
	<i>Motor A slave</i> rusak (Servo Axis)	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi

Tabel 4.3. Kategori Konsekuensi Kegagalan (sambungan)

Item	Failure	Kategori Konsekuensi Kegagalan
Spindle Unit	<i>Solenoid valve / spindle</i> tidak bisa berputar ( <i>Spindle Unit</i> )	Konsekuensi Operasi
	<i>Solenoid valve gear change</i> ( <i>Spindle Unit</i> )	Konsekuensi Operasi
	<i>Setting</i> mesin kurang tepat ( <i>Spindle Unit</i> )	Konsekuensi Operasi
	<i>Limit Switch</i> kotor ( <i>Spindle Unit</i> )	Konsekuensi Operasi

#### 4.4. Keputusan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Penentuan maintenance task dilakukan setelah pengkategorian konsekuensi kegagalan selesai dilakukan. Pada tabel 4.4 akan ditunjukkan pengkategorian penugasan pemeliharaan untuk setiap subsistem mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E beserta jenis kegagalannya masing – masing.

Tabel 4.4. Maintenance Task untuk mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E

Item	Failure	Maintenance Task
APC	<i>Limit switch</i> kotor (APC)	Condition Directed Task
	Sudah terlalu lama tidak digunakan (APC)	Condition Directed Task
	<i>Limit switch</i> kotor/ <i>solenoid valve</i> tidak sempurna (APC)	Condition Directed Task
	ARM APC kotor APC	Condition Directed Task
	APC <i>overtime</i> (APC)	Condition Directed Task
ATC	Sekuen terhenti (ATC)	Condition Directed Task
	ATC door broken (ATC)	Time Directed Life - Renewal Task
	<i>Limit switch</i> ATC kotor (ATC)	Condition Directed Task
Axis	<i>Home position X,Z,B</i> axis tidak sempurna (Axis)	Condition Directed Task
	Servo axis tidak berfungsi (Axis)	Failure Finding Task
	<i>Bearing</i> B axis aus (Axis)	Time Directed Life - Renewal Task
	SKM B Axis tidak pada posisi 0 (Axis)	Condition Directed Task
	<i>Cover gear A axis</i> broken (Axis)	Time Directed Life - Renewal Task
	Hasil <i>part</i> tidak sesuai (Axis)	Condition Directed Task
	B axis tidak sempurna (Axis)	Condition Directed Task
<i>Limit Switch</i> Axis kotor (Axis)	Condition Directed Task	

Tabel 4.4. Maintenance Task untuk mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E  
(sambungan)

Item	Failure	Maintenance Task
CNC Unit	NC tidak normal (CNC Unit)	Failure Finding Task
	Display monitor blank (CNC Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Fuse card I/O broken (CNC Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Card BMB2, card BEM1 rusak (CNC Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Program yang tidak menentu (CNC Unit)	Condition Directed Task
	Card BMB2 tidak berfungsi (CNC Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Kabel power DNC tidak sempurna (CNC Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Card BPU2 , card BCM2 rusak (CNC Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Power supply Cosel tidak berfungsi (CNC Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Card BMB2 rusak (CNC Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
Conveyor	Cover conveyor rusak (Conveyor)	Time Directed Life - Renewal Task
	Macet (Conveyor)	Condition Directed Task
Cooling Unit	Beban berlebih (Cooling Unit)	Condition Directed Task
	Filter udara kotor (Cooling Unit)	Condition Directed Task
Electric Panel	Main NFB 300 A rusak (Electric Panel)	Time Directed Life - Renewal Task
Lube & Coolant	Slang Lube & Coolant kotor (Lube & Coolant)	Condition Directed Task
	Coolant pump Terbakar (Lube & Coolant)	Failure Finding Task
	O-ring aus (Lube & Coolant)	Failure Finding Task
	Oil slide way oil level (Lube & Coolant)	Lubrication Task
	Oli samping habis (Lube & Coolant)	Lubrication Task
Machine Unit	All axis berubah - ubah (Machine Unit)	Condition Directed Task
	Emergency stop aktif sendiri (Machine Unit)	Condition Directed Task
	Cover NC control rusak (Machine Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Door seal rusak (Machine Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
Mechanic Unit	Belt A putus (Mechanic Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
Servo Axis	All axis tidak sempurna (Servo Axis)	Condition Directed Task

Tabel 4.4. Maintenance Task untuk mesin TOSHIBA BMC – 100(5)E  
(sambungan)

Item	Failure	Maintenance Task
	<i>Servo axis AM trouble</i> (Servo Axis)	Condition Directed Task
	Servo axis tidak normal (Servo Axis)	Condition Directed Task
	<i>AM &amp; AS position</i> (Servo Axis)	Condition Directed Task
	<i>Power supply</i> 15V rusak (Servo Axis)	Time Directed Life - Renewal Task
	<i>Motor A slave</i> rusak (Servo Axis)	Time Directed Life - Renewal Task
Spindle Unit	<i>Solenoid valve / spindle</i> tidak bisa berputar (Spindle Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Solenoid valve gear change (Spindle Unit)	Time Directed Life - Renewal Task
	Setting mesin kurang tepat (Spindle Unit)	Condition Directed Task
	<i>Limit Switch</i> kotor (Spindle Unit)	Condition Directed Task

#### 4.5. Pengujian Pola Distribusi *Downtime* dan Perhitungan *Reliability*

Pengujian pola distribusi *downtime* dilakukan untuk mengetahui distribusi apa yang nantinya akan digunakan dalam pencarian kehandalan mesin. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *software easy fit professional 5.5*. *Goodness of fit* yang digunakan adalah *kolomogorov-smirnov*, dengan pengujian ini dapat ditentukan kecenderungan data kerusakan untuk mengikuti pola distribusi tertentu.

##### 4.5.1. *Automatic Pallet Change* (APC)

Untuk subsistem APC terdapat 5 kegagalan. Maka akan digunakan *software easy fit professional 5.5* untuk mencari pola distribusinya.



#	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		Statistic	Rank
56	Weibull (3P)	0.17983	1
8	Dagum (4P)	0.18219	2
3	Burr (4P)	0.19437	3
21	Gen. Gamma (4P)	0.20009	4
41	Pareto 2	0.21212	5

Gambar 4.2 Penentuan Distribusi subsistem APC

Dapat dilihat pada gambar 4.2 untuk distribusi APC digunakan distribusi weibull (3P), sebab distribusi weibull berada pada rangking 1. Dengan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  masing – masing terlihat pada gambar 4.3.

52	Student's t	$\nu=2$
53	Triangular	$m=2.0$ $a=2.0$ $b=62.133$
54	Uniform	$a=-18.174$ $b=46.84$
55	Weibull	$\alpha=0.82528$ $\beta=8.9603$
56	Weibull (3P)	$\alpha=0.42298$ $\beta=6.4123$ $\gamma=2.0$

Gambar 4.3 Parameter distribusi APC

Dengan begitu dapat dicari kehandalan atau *reliability* dari APC, dengan nilai  $t$  adalah 15328 tersebut.

$$\begin{aligned}
 R(t) &= e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha} \\
 &= e^{-\left(\frac{15328-2}{6,4123}\right)^{0,42298}} \\
 &= 2,176E-12
 \end{aligned}$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

$$0.70 = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

a

e

b

0.70

c

$-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$

$$e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$-0,03566 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$${}^{0,42298}\sqrt{-0,3566} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)$$

$$-0,0868 \times \beta = -(t - \gamma)$$

$$-0,5564 - 2 = -t$$

$$2,5564 \text{ jam} = t$$

#### 4.5.2. Automatic Tool Changer (ATC)

Untuk subsistem ATC terdapat 3 kegagalan. Maka distribusi yang akan digunakan adalah distribusi *exponential*, dan perhitungan laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\text{Banyak Kegagalan}}{\text{jumlah jam operasi}}$$

$$= \frac{3}{15328}$$

$$= 1,957\text{E-}4 \text{ kegagalan/jam}$$

Untuk perhitungan *reliability* dengan waktu ( $t$ ) 15328 jam adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$= e^{-1,957\text{E-}4 \times 15328}$$

$$= 0,0498$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$0.70 = e^{-\lambda t}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\lambda t$$

$$e^{-\lambda t} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\lambda t$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -1,957E-4 t$$

$$-0,3566 \div (-1,957E-4) = t$$

$$1822,17 \text{ jam} = t$$

#### 4.5.3. Axis

Untuk subsistem Axis terdapat 8 kegagalan. Maka akan digunakan *software easy fit professional 5.5* untuk mencari pola distribusinya.

Goodness of Fit - Summary			
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		Statistic	Rank
37	Weibull (3P)	0.30256	1
11	Gamma (3P)	0.30392	2
3	Chi-Squared (2P)	0.30522	3
32	Rayleigh (2P)	0.30573	4
12	Gen. Gamma	0.30687	5

Gambar 4.4 Penentuan Distribusi subsistem Axis

Dapat dilihat pada gambar 4.4 untuk distribusi *Axis* digunakan distribusi weibull (3P), sebab distribusi weibull berada pada rangking 1. Dengan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  masing – masing terlihat pada gambar 4.5.

29	Pert	$m=1.25$ $a=1.25$ $b=351.4$
30	Power Function	$\alpha=0.62438$ $a=1.25$ $b=128.24$
31	Rayleigh	$\sigma=55.927$
32	Rayleigh (2P)	$\sigma=75.288$ $\gamma=-24.29$
33	Reciprocal	$a=1.25$ $b=128.0$
34	Rice	$v=40.186$ $\sigma=53.51$
35	Student's t	$v=2$
36	Triangular	$m=81.031$ $a=1.0$ $b=128.0$
37	Weibull (3P)	$\alpha=0.65658$ $\beta=53.003$ $\gamma=1.25$

Gambar 4.5 Parameter distribusi *weibull (3P)* subsistem *Axis*

Dengan begitu dapat dicari kehandalan atau *reliability* dari *Axis* sebagai berikut :

$$R(15328) = e^{-\left(\frac{15328-1,25}{53,003}\right)^{0,65658}}$$

$$= 1,1587E-18$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

$$0.70 = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha} = 0.70$$

$$\ln 0.70 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$\frac{\ln 0.70}{\ln e} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$-0,03566 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$\sqrt[0,65658]{-0,3566} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)$$

$$-0,2079 \times \beta = -(t - \gamma)$$

$$-14,566 - 1,25 = -t$$

$$15,816 \text{ jam} = t$$

#### 4.5.4. CNC Unit

Untuk subsistem *CNC Unit* terdapat 10 kegagalan. Maka akan digunakan *software easy fit professional 5.5* untuk mencari pola distribusinya.

Goodness of Fit - Summary			
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		Statistic	Rank
25	Weibull (3P)	0.235	1
10	Inv. Gaussian	0.23761	2
9	Gumbel Min	0.24149	3
2	Cauchy	0.24956	4
12	Laplace	0.25032	5
8	Frechet	0.25925	6

Gambar 4.6 Penentuan Distribusi subsistem *CNC Unit*

Pada gambar 4.6 distribusi yang berada pada peringkat pertama adalah *weibull (3P)* dengan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  masing – masing terlihat pada gambar 4.7 sebagai berikut :

21	Reciprocal	$a=1.0$ $b=168.25$
22	Rice	$v=0.0166$ $\sigma=58.456$
23	Student's t	$v=2$
24	Triangular	$m=13.999$ $a=0.8$ $b=168.25$
25	Weibull (3P)	$\alpha=0.56754$ $\beta=37.585$ $\gamma=1.0$

Gambar 4.7 Parameter distribusi *weibull (3P)* subsistem *CNC Unit*

Dengan begitu dapat dicari kehandalan atau *reliability* dari *CNC Unit* sebagai berikut :

$$R(15328) = e^{-\left(\frac{15328-1}{37,585}\right)^{0,5674}}$$

$$= 7,06778E-14$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

$$0.70 = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$-0,03566 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$${}^{0,56754}\sqrt{-0,3566} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)$$

$$-0,999 \times \beta = -(t - \gamma)$$

$$-37,547 - 1 = -t$$

$$38,547 \text{ jam} = t$$



#### 4.5.5. Conveyor Unit

Pada *Conveyor Unit* terjadi 2 kegagalan, maka distribusi yang akan digunakan adalah distribusi *exponential*, dan perhitungan laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\text{Banyak Kegagalan}}{\text{jumlah jam operasi}}$$

$$= \frac{2}{15328}$$

$$= 1,3048E-4 \text{ kegagalan / jam}$$

Untuk nilai *reliability* dengan waktu ( $t$ ) 15328 adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(15328) = e^{-1,30487E-4 \times 15328}$$

$$= 0,135$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$0.70 = e^{-\lambda t}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$\begin{aligned}
 b &= 0.70 \\
 c &= -\lambda t \\
 e^{-\lambda t} &= 0.70 \\
 {}^e\log 0.70 &= -\lambda t \\
 \frac{\log 0.70}{\log e} &= -1,3048E-4 t \\
 -0,3566 \div (-1,3048E-4) &= t \\
 2732,98 \text{ jam} &= t
 \end{aligned}$$

#### 4.5.6. Cooling Unit

Untuk subsistem *cooling unit* menggunakan distribusi *exponential* sebab hanya memiliki 2 kegagalan:

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{\text{Banyak Kegagalan}}{\text{jumlah jam operasi}} \\
 &= \frac{2}{15328} \\
 &= 1,3048E-4 \text{ kegagalan / jam}
 \end{aligned}$$

Untuk nilai *reliability* dengan waktu ( $t$ ) 15328 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R(t) &= e^{-\lambda t} \\
 &= e^{-1,30487E-4 \times 15328} \\
 &= 0,135
 \end{aligned}$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$0.70 = e^{-\lambda t}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\lambda t$$

$$e^{-\lambda t} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\lambda t$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -1,3048E-4 t$$

$$-0,3566 \div (-1,3048E-4) = t$$

$$2732,98 \text{ jam} = t$$

#### 4.5.7. Electric Panel Unit

*Electric panel unit* hanya memiliki 1 kegagalan maka digunakan distribusi *exponential*. Untuk perhitungan laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan *reliability electric panel unit* sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\text{Banyak Kegagalan}}{\text{jumlah jam operasi}}$$

$$= \frac{1}{15328}$$

$$= 6,524E-5 \text{ kegagalan / jam}$$

Untuk nilai *reliability* dengan waktu (  $t$  ) 15328 jam adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$= e^{-6,524E-5 \times 15328}$$

$$= 0,3678$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$0.70 = e^{-\lambda t}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\lambda t$$

$$e^{-\lambda t} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\lambda t$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -6,524E-5 t$$



$$R(15328) = e^{-\left(\frac{15328-1}{3,2595}\right)^{0,39352}}$$

$$= 7,8799E-13$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

$$0.70 = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$-0,03566 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$\begin{aligned}
 0,39352 \sqrt{-0,3566} &= -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right) \\
 -0,07278 \times \beta &= -(t-\gamma) \\
 -0,237 - 1 &= -t \\
 1,237 \text{ jam} &= t
 \end{aligned}$$

#### 4.5.9. Machine Unit

Pada *machine unit* terdapat 4 kegagalan yang terjadi, maka digunakan distribusi exponential untuk menghitung nilai *reliability*. Adapun perhitungan *reliability* untuk *machine unit* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{\text{Banyak Kegagalan}}{\text{jumlah jam operasi}} \\
 &= \frac{4}{15328} \\
 &= 2,6096E-4 \text{ kegagalan / jam}
 \end{aligned}$$

Untuk nilai *reliability* dengan waktu ( $t$ ) 15328 jam adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R(t) &= e^{-\lambda t} \\
 &= e^{-2,6096E-4 \times 15328} \\
 &= 0,0183
 \end{aligned}$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R(t) &= e^{-\lambda t} \\
 0.70 &= e^{-\lambda t}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\lambda t$$

$$e^{-\lambda t} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\lambda t$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -2,6096E-4 t$$

$$-0,3566 \div (-2,6096E-4) = t$$

$$1366,5 \text{ jam} = t$$

#### 4.5.10. *Mechanic Unit*

*Mechanic unit* hanya memiliki 1 kegagalan maka digunakan distribusi *exponential*. Untuk perhitungan laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan *reliability mechanic unit* sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\text{Banyak Kegagalan}}{\text{jumlah jam operasi}}$$

$$= \frac{1}{15328}$$

$$= 6,524E-5 \text{ kegagalan / jam}$$

Untuk nilai *reliability* dengan waktu ( $t$ ) 15328 jam adalah sebagai berikut :

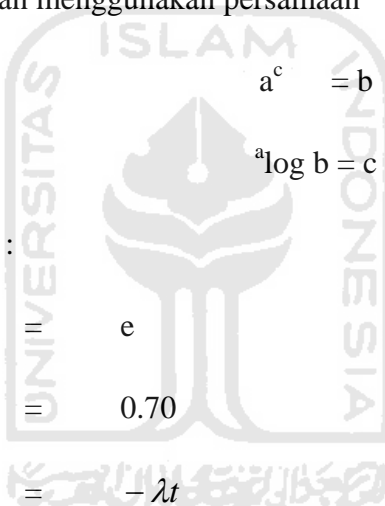


$$\begin{aligned}
 R(t) &= e^{-\lambda t} \\
 &= e^{-6,524E-5 \times 15328} \\
 &= 0,3678
 \end{aligned}$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R(t) &= e^{-\lambda t} \\
 0.70 &= e^{-\lambda t}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan



maka :

a	=	e
b	=	0.70
c	=	$-\lambda t$

$$e^{-\lambda t} = 0.70$$

$${}^e \log 0.70 = -\lambda t$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -6,524E-5 t$$

$$-0,3566 \div (-6,524E-5) = t$$

$$5465,97 \text{ jam} = t$$

#### 4.5.11. Servo Axis



Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

$$0.70 = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$$-0,03566 = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)^\alpha$$

$${}^{0,73127}\sqrt{-0,3566} = -\left(\frac{t-\gamma}{\beta}\right)$$

$$-0,244 \times \beta = -(t - \gamma)$$

$$-25,56 - 1 = -t$$

$$26,56 \text{ jam} = t$$

#### 4.5.12. Spindle Unit

Untuk subsistem *spindle unit* terdapat 4 kegagalan. Maka akan digunakan distribusi *exponential*. Untuk perhitungan laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan *reliability mechanic unit* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{\text{Banyak Kegagalan}}{\text{jumlah jam operasi}} \\ &= \frac{4}{15328} \\ &= 2,6096\text{E-}4 \text{ kegagalan / jam}\end{aligned}$$

Untuk nilai *reliability* dengan waktu ( $t$ ) 15328 jam adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}R(t) &= e^{-\lambda t} \\ &= e^{-2,6096\text{E-}4 \times 15328} \\ &= 0,0183\end{aligned}$$

Untuk mencapai keandalan 70 % yang diinginkan oleh perusahaan maka jam operasi yang seharusnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}R(t) &= e^{-\lambda t} \\ 0.70 &= e^{-\lambda t}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan

$$a^c = b$$

$${}^a\log b = c$$

maka :

$$a = e$$

$$b = 0.70$$

$$c = -\lambda t$$

$$e^{-\lambda t} = 0.70$$

$${}^e\log 0.70 = -\lambda t$$

$$\frac{\log 0.70}{\log e} = -2,6096E-4 t$$

$$-0,3566 \div (-2,6096E-4) = t$$

$$1366,5 \text{ jam} = t$$

#### 4.6. Penentuan penyebab kerusakan yang dominan

Penyebab kerusakan yang dominan yang terdapat dalam tugas akhir ini ditentukan dari beberapa faktor, yaitu :

1. Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Nilai RPN yang paling tinggi terdapat pada *CNC Unit* dengan nilai 360

2. Banyaknya kegagalan

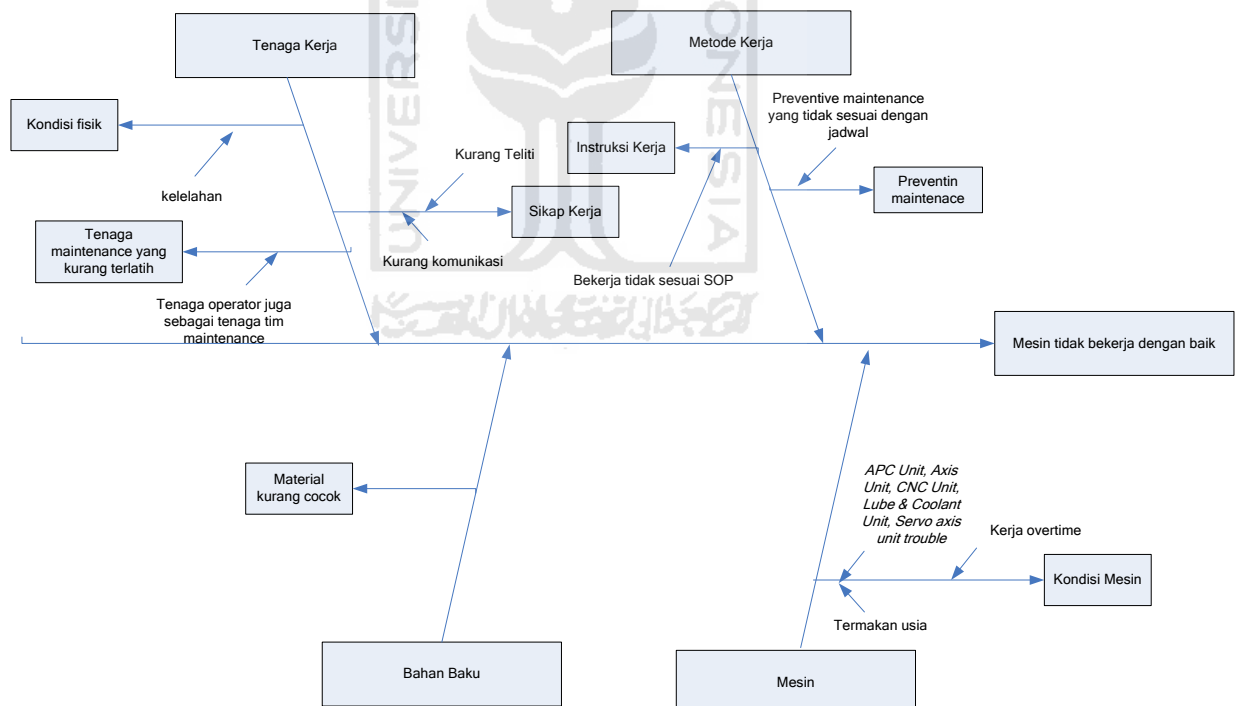
Pada data kerusakan mulai dari Januari 2007 s/d Oktober 2011 terdapat beberapa subsistem yang cukup banyak mengalami kegagalan, untuk *CNC Unit* terdapat 10 kegagalan (19,6 %), *Axis Unit* 8 kegagalan (15,6 %), *Servo axis unit* 6 kegagalan (11,7 %), *APC Unit* dan *Lube and Coolant* 5 kegagalan (9,8 %).

3. Nilai *reliability*

Dari perhitungan nilai *reliability* terdapat beberapa subsistem yang mendapatkan nilai *reliability* cukup kecil yaitu, *Axis unit*  $1,1587 \times 10^{-18}$

*Servo axis unit*  $2,297 \times 10^{-17}$ , *CNC Unit*  $7,06778 \times 10^{-14}$ , *Lube and coolant unit*  $7,8799 \times 10^{-13}$ , dan *APC unit*  $2,176 \times 10^{-12}$ .

Selain 3 faktor yang disebutkan terdapat beberapa faktor lagi yang menyebabkan terjadinya kegagalan, yaitu tenaga kerja yang kurang teliti dan terlatih, bahan baku (material) mesin sering di tukar dengan bahan baku mesin yang lain sehingga pada suatu saat akan terjadi kerusakan yang baru lagi, dan metode kerja yang kurang diperhatikan oleh operator dan pihak *maintenance* sendiri. Dengan memasukkan 3 faktor penyebab kegagalan yang dominan kedalam metode *fishbone diagram* akan ditemukan penyebab kerusakan mesin yang dominan. Seperti yang digambarkan pada *fishbone diagram* berikut :



Gambar 4.12. *Fishbone diagram* penyebab kegagalan Mesin Toshiba BMC – 100(5)E

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis Pengolahan Data

##### 5.1.1 Analisis Hasil Pengolahan Data *Fault Tree Analysis* (FTA)

Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) yang menjadi top event adalah mesin CNC bermasalah. Terdapat 2 pembahasan *fault tree analysis*, yaitu *fault tree analysis* yang menjabarkan dari seluruh kegagalan yang terjadi, dan *fault tree analysis* yang menjelaskan kegagalan berdampak pada tidak berfungsinya sistem. Untuk analisis *fault tree analysis* secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

##### 13. APC (*Automatic Pallet Changer*) trouble

Faktor penyebab terjadinya APC trouble terdapat 4 penyebab, yaitu tidak mau aktif disebabkan oleh obyek benda kerja terlalu lama berada di *pallet* pada saat *repairing* terjadi, *limit switch* yang bermasalah yang disebabkan oleh *limit switch* kotor, *ARM APC* bermasalah yang disebabkan oleh *ARM APC* kotor atau ada benda asing yang menghalangi kerja *ARM APC*, dan tidak normalnya pergerakan *APC* disebabkan oleh *overtime*.

##### 14. ATC (*Automatic Tool Changer*) trouble

Faktor penyebab terjadinya ATC trouble terdapat 3 penyebab, yaitu urutan pada ATC berhenti disebabkan oleh perawatan yang kurang tepat, *ATC door broken* yang disebabkan oleh usia mesin yang sudah tua, dan *limit switch* ATC bermasalah yang disebabkan oleh *limit switch* kotor.

##### 15. Axis trouble

Faktor penyebab terjadinya *Axis trouble* terdapat 6 penyebab, yaitu *A & B Axis* menyimpang yang disebabkan oleh penyetelan pada saat sebelum mesin bekerja kurang tepat, karet tutup penggerak *A Axis* rusak yang disebabkan oleh terlalu lama beroperasi, hasil *part* tidak sesuai dengan keinginan yang disebabkan oleh penyetelan pada saat sebelum mesin bekerja kurang tepat, *B Axis* bermasalah yang disebabkan terlalu lama beroperasi sehingga mengakibatkan gerak *simultan Axis A & B* tidak sempurna, *limit switch* *Axis* bermasalah yang disebabkan oleh *limit switch* tersebut kotor, dan *cutting test out of tolerance* yang disebabkan oleh 3 penyebab, yaitu :

- *Servo Axis* bermasalah yang disebabkan oleh terlalu lama mesin CNC bekerja.
- Sistem Koordinat Mesin (SKM) *B Axis* bermasalah yang disebabkan oleh penyetelan awal *SKM B Axis* tidak pada posisi 0.
- *Bearing B Axis* rusak yang disebabkan oleh *bearing B Axis* aus.

#### 16. *Conveyor trouble*

Faktor penyebab terjadinya *conveyor trouble* terdapat 2 penyebab, yaitu *cover conveyor* lepas yang disebabkan oleh usia mesin yang sudah tua, dan *conveyor* macet yang disebabkan oleh ada *scrap* yang mengganjal sehingga menghalangi jalannya *conveyor*.

#### 17. *CNC Unit trouble*

Faktor penyebab terjadinya *CNC Unit trouble* terdapat 5 penyebab, yaitu *NC cabinet over heated* yang disebabkan oleh terlalu lama beroperasi, *display monitor blank* (monitor rusak) yang disebabkan oleh usia mesin yang sudah tua, *fuse card input output (I/O)* rusak yang disebabkan oleh terlalu lama beroperasi, kejenuhan pada *NC* yang disebabkan oleh terlalu lama beroperasi,



dan kabel *power DNC* tidak tersambung ke komputer yang disebabkan oleh kabel terlalu sering dipotong pada saat *repair*.

18. *Cooling Unit trouble*

Faktor penyebab terjadinya *Cooling Unit trouble* adalah *filter* udara yang kotor.

19. *Electric Panel trouble*

Faktor penyebab terjadinya *Electric Panel trouble* akibat *main NFB 300 A* yang rusak.

20. *Lube and coolant trouble*

Faktor penyebab terjadinya *Lube and Coolant trouble* terdapat 4 penyebab, yaitu selang *lube and coolant* bermasalah yang disebabkan oleh selang kotor, *coolant pump* terbakar yang disebabkan oleh terlalu lama beroperasi, *O - ring* bermasalah yang disebabkan oleh *O - ring* aus, dan *Slide Way / Oli* samping bermasalah yang disebabkan oleh kekurangan oli.

21. *Machine unit trouble*

Faktor penyebab terjadinya *Machine Unit trouble* terdapat 5 penyebab, yaitu pintu mesin tidak bisa di buka disebabkan oleh ada *scrap* yang mengganjal, *cover NC* rusak yang disebabkan oleh usia mesin yang sudah tua, *NC 018 servo abnormal* disebabkan oleh setting pada saat sebelum mesin bekerja kurang tepat, mesin sering berhenti kabel *inverter omron 3G3MU 2037* bermasalah yang disebabkan oleh terlalu lama beroperasi.

22. *Mechanic unit trouble*

Faktor penyebab terjadinya *Machine Unit trouble* disebabkan oleh *belt A Axis* putus yang disebabkan oleh terlalu lama beroperasi.

### 23. Servo Axis trouble

Faktor penyebab terjadinya *Machine Unit trouble* terdapat 5 penyebab, yaitu *All Axis* tidak sempurna yang disebabkan oleh setting pada saat sebelum mesin bekerja kurang tepat, *servo Axis A Master* rusak yang disebabkan oleh terlalu lama beroperasi, *servo Axis* tidak normal yang disebabkan oleh penyetelan pada saat sebelum mesin bekerja kurang tepat, *A Master* dan *A Slave position* tidak sempurna yang disebabkan oleh setting pada saat sebelum mesin bekerja kurang tepat, dan *power supply 15V* tidak sempurna disebabkan oleh terlalu lama beroperasi.

### 24. Spindel trouble

Faktor penyebab terjadinya *Machine Unit trouble* terdapat 4 penyebab, yaitu *solenoid valve* bermasalah sehingga *spindle* tidak bisa berputar yang disebabkan oleh usia mesin yang sudah tua, *solenoid valve gear change* bermasalah sehingga *spindle* tidak bisa putaran 1000 s/d 1500 yang disebabkan oleh usia mesin yang sudah tua, *alarm* program yang tidak tepat sehingga *spindle* sering mati yang disebabkan oleh setting mesin kurang tepat, dan *limit switch spindle* bermasalah yang disebabkan oleh *limit switch* kotor.

Untuk analisis *fault tree analysis* yang mengakibatkan sistem tidak berfungsi atau kegagalan dominan. Melihat dari tabel FMEA dan *fault tree analysis* terdapat beberapa subsistem mengalami kegagalan yang menyebabkan sistem gagal berproduksi dan akan dijelaskan sebagai berikut :

1. *CNC Unit* terdapat 10 kegagalan (19,6 %)

Faktor penyebab *CNC unit* masuk kedalam kegagalan yang dominan disebabkan oleh kegagalan yang sering terjadi pada saat produksi sebab

fungsi *CNC unit* adalah pengontrol hidup atau mati mesin CNC, jika *CNC unit* mengalami kegagalan maka sistem tidak dapat berfungsi.

2. *Axis Unit* 8 kegagalan (15,6 %)

Faktor penyebab *Axis unit* masuk kedalam kegagalan yang dominan disebabkan oleh kegagalan yang sering terjadi pada saat produksi sebab fungsi *axis* adalah penentu pergerakan dari *pallet* (berputar, miring, bergerak keatas dan kebawah, dan bergerak kesamping), sehingga sistem dapat mengalami kehilangan fungsi yang sebenarnya.

3. *Servo axis unit* 6 kegagalan (11,7 %)

Faktor penyebab *Servo axis* masuk kedalam kegagalan yang dominan disebabkan oleh kegagalan yang sering terjadi pada saat produksi sebab *servo axis* adalah penggerak untuk *axis* atau sebagai motornya.

4. *APC Unit* 5 kegagalan (9,8 %)

Faktor penyebab *APC trouble* masuk kedalam faktor penyebab dominan yaitu disebabkan oleh benda kerja terlalu lama berada di *pallet* pada saat mesin mati atau dalam masa perbaikan.

5. *Lube and Coolant* 5 kegagalan (9,8 %)

Faktor penyebab *lube and coolant* masuk kedalam kegagalan yang dominan disebabkan oleh frekuensi kegagalan yang cukup tinggi. *Lube and coolant* sebenarnya tidak berpengaruh terhadap kegagalan sistem tetapi frekuensi kegagalan yang cukup tinggi sering membuat *coolant pump* terbakar.

6. *Mechanic trouble* 1 kegagalan (1,96 %)

Faktor penyebab *Mechanic unit* masuk kedalam kegagalan yang dominan disebabkan oleh kegagalan yang mengakibatkan sistem kehilangan fungsinya.

7. *Spindle trouble* 4 kegagalan (7,84 %)

Faktor penyebab *Spindle unit* masuk kedalam kegagalan yang dominan disebabkan oleh kegagalan yang mengakibatkan sistem kehilangan fungsinya, sebab *spindle unit* berfungsi sebagai pemegang *cutting tool* dan melakukan putaran *tool* yang dipegang jika tidak berfungsi maka sistem tidak bisa melakukan proses produksi.

5.1.2 Analisis Hasil Pengolahan Data *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

Setelah data – data diolah dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menjelaskan bagaimana mesin tersebut mengalami kegagalan dalam beroperasi. Untuk pengolahan data berdasarkan FMEA, pengolahan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui identifikasi kegagalan subsistem yang dapat menyebabkan kegagalan fungsional dari sistem tersebut. Adapun hasil perhitungan RPN pada tabel FMEA menjelaskan bahwa kegagalan yang memiliki nilai RPN yang tertinggi adalah *fuse card I/O broken* terdapat di *CNC Unit* dengan nilai 360. Untuk urutan ke 2 *servo axis AM trouble* berada pada *servo axis unit* dengan nilai RPN 320. Pada urutan ke 3 terdapat 2 kegagalan *display monitor blank* berada pada *CNC Unit*, dan *o-ring* aus berada pada *Lube & Coolant Unit* dengan nilai RPN 280.

Pada urutan keempat terdapat *cover NC control* rusak berada pada *Machine Unit* dengan nilai RPN 270. Kegagalan *card BMB2* tidak berfungsi pada *CNC Unit*, *belt A* putus pada *Mechanic Unit*, *power supply 15V* rusak pada *servo axis* berada di posisi

kelima dengan nilai RPN 240. Di urutan ke 6 terdapat 5 kegagalan dengan nilai RPN 200 yaitu *servo axis* tidak berfungsi pada *axis unit*, *bearing B axis* aus pada *axis unit*, *card BMB2* dan *card BEM1* rusak pada *CNC unit*, *main NFB 300 A* rusak pada *electric panel unit*, dan *emergency stop* aktif sendiri pada *machine unit*. Urutan ke 7 terdapat *all axis* berubah – ubah pada *machine unit* dengan nilai RPN 196. Posisi ke 8 pada rekapitulasi RPN terdapat kegagalan *home position X, Z, B axis* tidak sempurna pada *axis unit* dan *servo axis* tidak normal pada *servo unit* dengan nilai RPN 192. Pada peringkat ke 9 terdapat kegagalan *A master dan A slave position* dengan nilai RPN 168. Kegagalan *cover gear A axis broken* pada *axis unit*, *NC* tidak normal pada *CNC unit*, *card BPU2* dan *card BCM2* rusak pada *CNC unit*, dan *power supply* tidak berfungsi pada *CNC unit* berada di peringkat ke 10 dengan nilai RPN 160. Pada *CNC unit* terdapat kegagalan kabel *power DNC* tidak sempurna dengan nilai RPN 150. Kegagalan *all axis* tidak sempurna pada *servo axis* memiliki nilai RPN 128 pada peringkat ke 12

Pada peringkat ke 13 dengan nilai RPN 120 terdapat dua kegagalan yaitu *ATC door broken* pada *ATC unit* dan *card BMB2* rusak pada *CNC*. Kegagalan program yang tidak menentu pada *CNC unit* berada pada peringkat ke 14 dengan nilai RPN 108. Pada peringkat ke 15 terdapat 2 kegagalan *cover conveyor* rusak pada *conveyor unit* dan *motor A slave* rusak pada *servo axis unit* dengan nilai RPN 105. Kegagalan *limit switch* yang kotor pada *APC unit* berada di peringkat ke 16 dengan nilai RPN 98 dan pada peringkat ke 17 dengan nilai RPN 96 terdapat kegagalan *APC overtime* pada *APC unit*.

Peringkat ke 18 terdapat 2 kegagalan pada *APC unit* yaitu *ARM APC* kotor dan *APC over time* dengan nilai RPN 84. Peringkat ke 19 terdapat 3 kegagalan dengan nilai RPN 80 yaitu *SKM B Axis* tidak pada posisi 0 pada *axis unit*, *spindle* tidak bisa

berputar pada *spindle* unit, dan *solenoid valve gear change* pada *spindle* unit. Kegagalan *oil slide way* terjadi pada *Lube & Coolant unit* berada di peringkat ke 20 dengan nilai RPN 70. Peringkat ke 21 terdapat kegagalan hasil *part* tidak sesuai pada *axis unit* dengan nilai RPN 63. Kegagalan yang terjadi pada *Lube & Coolant unit* terdapat kegagalan selang *Lube & Coolant* kotor dengan nilai RPN 54 berada di peringkat ke 22 dan *Coolant pump* terbakar di peringkat ke 23 dengan nilai RPN 50.

Pada peringkat ke 24 terdapat 2 kegagalan yaitu pada APC unit *part* terlalu lama di *pallet* dan pada *axis unit limit switch axis* kotor dengan nilai RPN 48. Untuk peringkat ke 25 terdapat 3 kegagalan dengan nilai RPN 42 yaitu pada *axis unit* terjadi *B axis* tidak sempurna, pada *Lube & Coolant unit* terjadi oli samping habis, dan pada *Spindle* unit terjadi *spindle* sering mati sendiri. Pada peringkat ke 26 kegagalan yang terjadi pada *ATC unit* yaitu terjadi sekuen terhenti dengan nilai RPN 40. Kegagalan *limit switch* kotor pada *APC unit* berada di peringkat ke 27 dengan nilai RPN 28. Untuk kegagalan pada *conveyor* unit terjadi kemacetan pada *conveyor* berada di peringkat ke 28. Peringkat 29 dengan nilai RPN 20 terdapat 2 kegagalan yaitu *limit switch spindle* pada *spindle* unit kotor dan *door seal* rusak pada *Machine unit*. Peringkat ke 30 terdapat 2 kegagalan pada *Cooling unit* yaitu beban berlebih dan *filter* udara kotor dengan nilai RPN 16.

### 5.1.3 Analisis Hasil Kategori Konsekuensi Kegagalan

Setelah dilakukan pengkategorian konsekuensi kegagalan, maka dapat dilihat bahwa dari keempat macam konsekuensi kegagalan hanya 3 kategori konsekuensi kegagalan yang dipakai. Yang tidak terpakai adalah konsekuensi keselamatan, sebab untuk mesin CNC TOSHIBA BMC – 100(5)E bagian yang beroperasi biasanya

tertutup oleh pintu mesin cnc tersebut. Untuk konsekuensi kegagalan di masing – masing unit sendiri dijelaskan sebagai berikut :

#### 1. APC Unit

Pada APC unit terdapat 5 kegagalan yang terjadi dan kegagalan tersebut berada di kategori Konsekuensi non operasional.

#### 2. ATC Unit

Pada ATC unit terdapat 3 kegagalan yaitu untuk konsekuensi operasi terdapat kegagalan sekuen terhenti dan *limit switch* ATC kotor. Untuk konsekuensi non operasi ATC *door broken*.

#### 3. Axis Unit

Pada Axis unit terdapat 8 kegagalan yang terjadi. Untuk kosekuensi kegagalan tersembunyi terdapat kegagalan *servo axis* tidak berfungsi, dan *bearing* B axis aus. Untuk konsekuensi operasi terdapat kegagalan *Home position X,Z,B* axis tidak sempurna, *SKM B Axis* tidak pada posisi 0 dan *limit switch* axis kotor. Untuk kosekuensi kegagalan non operasi terdapat kegagalan *cover gear A axis broken* dan hasil part tidak sesuai.

#### 4. CNC unit

Terdapat 10 kegagalan pada CNC unit. Untuk kategori konsekuensi operasi pada CNC unit terdapat pada kegagalan program yang tidak menentu, *card BMB2* tidak berfungsi, kabel power DNC tidak sempurna. Untuk konsekuensi kegagalan tersembunyi terdapat kegagalan NC tidak normal, *display monitor blank*, *fuse card I/O broken*, *card BMB2 dan card BEM1* rusak, *card BP* dan *card BCM2* rusak, *power supply* tidak berfungsi.

#### 5. Conveyor Unit

Terdapat 2 kegagalan pada *conveyor* unit dan berkategori konsekuensi non operasi. Dari hasil wawancara yang dilakukan jika *conveyor* mengalami masalah maka tidak akan mematikan sistem dan biasanya kerja *conveyor* dilakukan secara *manual*.

#### 6. *Cooling Unit*

Terdapat 2 kegagalan pada *Cooling* unit dan berkategori konsekuensi non operasi. Dari hasil wawancara yang dilakukan jika *Cooling* mengalami masalah maka tidak akan mematikan system dan biasanya kerja *Cooling* dilakukan secara manual.

#### 7. *Electric Panel Unit*

Pada *electric panel unit* hanya terjadi 1 kegagalan saja yaitu *main NFB 300 A* rusak dan berkategori konsekuensi kegagalan tersembunyi disebabkan karena usia mesin yang sudah tua sehingga pada saat mesin beroperasi operator tidak mengetahui kerusakan tersebut.

#### 8. *Lube & Coolant Unit*

Terdapat 5 kegagalan yang terjadi pada subsistem ini. Untuk kosekuensi non operasi terdapat kegagalan selang *lube & coolant* kotor, *oil slide way* kurang, dan oli samping habis. Untuk konsekuensi kegagalan tersembunyi terdapat kegagalan *coolant pump* terbakar dan o - ring aus.

#### 9. *Machine Unit*

Terdapat 4 kegagalan yang terjadi pada subsistem ini. Untuk konsekuensi operasi terdapat kegagalan *all axis* berubah – ubah, *emergency stop* aktif sendiri, dan *cover NC control* rusak. Untuk konsekuensi non operasi terdapat kegagalan *door seal* rusak.

#### 10. *Mechanic Unit*



Terdapat 1 kegagalan yang terjadi pada subsistem ini yaitu *belt A axis* putus berkategori konsekuensi kegagalan tersembunyi.

### 11. Servo Axis Unit

Terdapat 6 kegagalan yang terjadi pada subsistem ini. Untuk konsekuensi operasi terdapat kegagalan *all axis* tidak sempurna, *servo axis AM trouble*, servo axis tidak normal, dan *AM & AS position* tidak sempurna. Untuk konsekuensi kegagalan tersembunyi terdapat kegagalan *power supply 15V* rusak, dan *motor A slave* rusak.

### 12. Spindle Unit

Terdapat 4 kegagalan yang terjadi pada subsistem ini dan semuanya berkategori konsekuensi operasi. Untuk kegagalan yang terjadi adalah *spindle* tidak bisa berputar, *solenoid valve gear change* rusak, *spindle* sering mati sendiri, dan *limit switch spindle* kotor.

#### 5.1.4 Analisis Keputusan *Reliability Centerd Maintenance* (RCM).

Dengan mengacu pada tabel 4.4 pada bab empat, dapat disimpulkan untuk maintenance task yang dilakukan ada 5 macam maintenance task. 5 macam maintenance task tersebut adalah *Condition Directed Task*, *Failure Finding Task*, *Lubrication Task*, dan *Time Directed Life - Renewal Task*. *Servicing task* tidak dilakukan, sebab untuk penambahan *part* pada saat beroperasi tidak pernah dilakukan.

Adapun kegagalan yang termasuk kedalam *Condition Directed Task* adalah sebagai berikut :

- |                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1. <i>Limit switch APC</i> | 5. Sekuen ATC terhenti             |
| 2. APC tidak bergerak      | 6. <i>Limit switch ATC</i>         |
| 3. <i>ARM APC</i>          | 7. <i>Home position X,Z,B axis</i> |
| 4. <i>APC overtime</i>     | tidak sempurna                     |

- |  |  |
|--|--|
| 8. <i>SKM B Axis</i> tidak pada posisi 0           | 16. Selang <i>Lube &amp; Coolant</i> kotor                 |
| 9. Hasil <i>part</i> tidak sesuai ( <i>Axis</i> )  | 17. <i>All axis</i> berubah - ubah ( <i>Machine Unit</i> ) |
| 10. <i>B axis</i> tidak sempurna                   | 18. <i>All axis</i> tidak sempurna ( <i>Servo Axis</i> )   |
| 11. <i>Limit switch</i> <i>Axis</i> kotor          | 19. <i>Servo axis AM trouble</i>                           |
| 12. Program yang tidak menentu ( <i>CNC Unit</i> ) | 20. <i>Servo axis</i> tidak normal                         |
| 13. Macet ( <i>Conveyor</i> )                      | 21. <i>AM &amp; AS position</i> ( <i>Servo Axis</i> )      |
| 14. Beban berlebih ( <i>Cooling Unit</i> )         | 22. <i>Spindel</i> sering mati                             |
| 15. filter udara kotor ( <i>Cooling Unit</i> )     | 23. <i>Limit switch</i> kotor ( <i>Spindle Unit</i> )      |

Untuk kegagalan yang termasuk *Failure Finding Task*, adalah sebagai berikut :

1. *Axis* tidak berfungsi (*Axis*)
2. *NC* tidak normal (*CNC Unit*)
3. *Coolant pump* Terbakar (*Lube & Coolant*)
4. *O-ring* aus (*Lube & Coolant*)

Untuk kegagalan yang termasuk *Lubrication Task*, adalah sebagai berikut :

1. *Oil slide way oil level* (*Lube & Coolant*)
2. Oli samping habis (*Lube & Coolant*)

Untuk kegagalan yang termasuk *Time Directed Life - Renewal Task*, adalah sebagai berikut :

1. *ATC door broken*
2. *Bearing B axis* aus

- |  |   |
|--|---|
| 3. Fuse card I/O broken (CNC Unit)               | 11. Main NFB 300 A rusak (Electric Panel)                       |
| 4. Card BMB2, card BEM1 rusak (CNC Unit)         | 12. Cover NC control rusak (Machine Unit)                       |
| 5. Card BMB2 tidak berfungsi (CNC Unit)          | 13. Door seal rusak (Machine Unit)                              |
| 6. Kabel power DNC tidak sempurna (CNC Unit)     | 14. Belt A putus (Mechanic Unit)                                |
| 7. Card BPU2 , card BCM2 rusak (CNC Unit)        | 15. Power supply 15V rusak (Servo Axis)                         |
| 8. Power supply Cosel tidak berfungsi (CNC Unit) | 16. Motor A slave rusak (Servo Axis)                            |
| 9. Card BMB2 rusak (CNC Unit)                    | 17. Solenoid valve / spindle tidak bisa berputar (Spindle Unit) |
| 10. Cover conveyor rusak (Conveyor)              | 18. Solenoid valve gear change (Spindle Unit)                   |

### 5.1.5 Analisis Pola Distribusi Data

Pola distribusi data yang dipakai untuk kegagalan yang kurang dari ( $<$ ) 5 maka digunakan distribusi exponential. Subsystem yang memiliki kegagalan kurang dari ( $<$ ) 5 yaitu, *ATC Unit*, *conveyor unit*, *cooling unit*, *electric panel unit*, *machine unit*, *mechanic unit*, dan *Spindle Unit*.

Untuk mencari pola distribusi data yang memiliki kegagalan lebih dari sama dengan ( $\geq$ ) 5 menggunakan *software easyfit 5.5*, dan pola data yang diperoleh untuk masing subsystem adalah sebagai berikut :

1. *APC Unit* distribusi *weibull (3P)*

2. *Axis Unit* distribusi *weibull* (3P)
3. *CNC Unit* distribusi *weibull* (3P)
4. *Lube and coolant Unit* distribusi *weibull* (3P)
5. *Servo Axis Unit* distribusi *weibull* (3P)

#### 5.1.6 Analisis *Reliability*

Analisis *reliability* dari masing – masing subsistem adalah sebagai berikut :

##### 1. *APC Unit*

*APC unit* memiliki distribusi *weibull* (3P) nilai  $\alpha = 0.42298$ ,  $\beta = 6.4123$ , dan  $\gamma = 2.0$ . Nilai *reliability* pada saat nilai  $t$  sebesar 15328 jam yang bisa didapatkan adalah  $2.176 \times 10^{-12}$ . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 2,5564 jam  $\approx$  3 jam.

##### 2. *ATC Unit*

*ATC Unit* menggunakan distribusi *exponential* sebab hanya memiliki 3 kegagalan dan memiliki nilai *reliability* dengan nilai  $t$  sebesar 15328 jam maka kehandalan sebesar 0.0498. Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 1822,17 jam  $\approx$  1823 jam.

##### 3. *Axis Unit*

*Axis Unit* menggunakan distribusi *weibull* (3P) dengan nilai  $\alpha = 0.65658$ ,  $\beta = 53.003$ , dan  $\gamma = 1.25$ . Nilai *reliability* yang diperoleh dengan nilai  $t$  sebesar 15328 jam adalah sebesar  $1.1587 \times 10^{-18}$ . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 15,816 jam  $\approx$  16 jam.

##### 4. *CNC Unit*

*CNC Unit* menggunakan distribusi *weibull (3P)* dengan nilai  $\alpha = 0.56754$ ,  $\beta = 37.585$ , dan  $\gamma = 1$ . Nilai *reliability* yang diperoleh dengan nilai  $t$  sebesar 15328 jam adalah sebesar  $7.06778 \times 10^{-14}$ . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 38,547 jam  $\approx 39$  jam.

5. *Conveyor Unit*

*Conveyor Unit* menggunakan distribusi *exponential* sebab hanya memiliki 2 kegagalan dan memiliki nilai *reliability* dengan nilai  $t$  adalah 15328 jam sebesar 0.135 . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 2732,98 jam  $\approx 2733$  jam.

6. *Cooling Unit*

*Cooling unit* menggunakan distribusi *exponential* sebab hanya memiliki 2 kegagalan dan memiliki nilai *reliability* dengan nilai  $t$  sebesar 15328 jam sebesar 0.135 . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 2732,98 jam  $\approx 2733$  jam.

7. *Electric Panel Unit*

*Electric panel unit* menggunakan distribusi *exponential* sebab hanya memiliki 1 kegagalan dan memiliki nilai *reliability* dengan nilai  $t$  adalah 15328 jam adalah sebesar 0.3678 . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 5465,97 jam  $\approx 5466$  jam.

#### 8. *Lube and Coolant Unit*

*Lube and coolant unit* menggunakan distribusi *weibull (3P)* dengan nilai  $\alpha = 0.39352$ ,  $\beta = 3.2595$ , dan  $\gamma = 1$ . Nilai *reliability* yang diperoleh dengan nilai  $t$  yang sebesar 15328 jam adalah  $7.8799 \times 10^{-13}$ . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 1,237 jam  $\approx 2$  jam.

#### 9. *Machine Unit*

*Machine unit* menggunakan distribusi *exponential* sebab hanya memiliki 4 kegagalan dan memiliki nilai *reliability* yang diperoleh dengan nilai  $t$  yang sebesar 15328 jam adalah 0.0183 . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 1366,5 jam  $\approx 1367$  jam.

#### 10. *Mechanic Unit*

*Mechanic unit* menggunakan distribusi *exponential* sebab hanya memiliki 1 kegagalan dan memiliki nilai *reliability* yang diperoleh dengan nilai  $t$  sebesar 15328 jam adalah 0.3678. Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 5465,97 jam  $\approx 5466$  jam.

#### 11. *Servo Axis Unit*

*Servo axis unit* menggunakan distribusi *weibull (3P)* dengan nilai  $\alpha = 0.73127$ ,  $\beta = 106.74$ , dan  $\gamma = 6.5$ . Nilai *reliability* yang diperoleh dengan nilai sebesar 15328 jam adalah  $2.297 \times 10^{-17}$ . Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 26,56 jam  $\approx 27$  jam.

## 12. Spindle Unit

*Spindle unit* menggunakan distribusi *exponential* sebab hanya memiliki 4 kegagalan dan memiliki nilai *reliability* dengan nilai  $t$  sebesar 15328 jam adalah 0.0183. Untuk mencapai kehandalan 70 % yang diharapkan oleh perusahaan maka waktu proses yang direkomendasikan adalah 1366,5 jam  $\approx$  1367 jam.

### 5.1.7 Analisis *Fishbone Diagram*

Pada *fishbone diagram* menjelaskan sebab serta akibat pada pemasalahan mesin CNC Toshiba BMC – 100(5)E gagal dalam beroperasi, adapun faktor – faktor penyebab terjadi kegagalan yang dominan adalah sebagai berikut :

#### 1. Mesin

Kondisi mesin yang sudah terlalu tua usianya, sering bekerja overtime menyebabkan mesin tidak bisa bekerja dengan baik dan terdapat beberapa subsitem yang sering terjadi kegagalan sehingga mengakibatkan kegagalan sistem.

#### 2. Manusia

Tenaga kerja kurang teliti yang diakibatkan konsentrasi menurun karena kelelahan atau kondisi badan yang kurang sehat. Selain itu komunikasi yang kurang juga menyebabkan terganggunya proses produksi.

#### 3. Bahan Baku

Bahan baku yang kurang cocok mengakibatkan kinerja mesin secara penglihatan mungkin dapat dilihat baik, tetapi tidak memiliki *lifetime* yang cukup lama.

#### 4. Metode Kerja

Komitmen terhadap SOP terkadang dilanggar karena sikap kerja masing-masing individu. Jika SOP dilanggar, maka pekerjaan tersebut akan menimbulkan resiko bagi perusahaan maupun diri mereka sendiri.





## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Keputusan untuk melakukan kegiatan pemeliharaan agar tercapai kehandalan 70% maka terhadap *APC Unit* dilakukan pengecekan setiap 2,5564 jam  $\approx$  3 jam mesin beroperasi, *ATC unit* 1822,17 jam  $\approx$  1823 jam mesin beroperasi, *Axis Unit* 15,816 jam  $\approx$  16 jam mesin beroperasi, *CNC Unit* 38,547 jam  $\approx$  39 jam mesin beroperasi, *Conveyor Unit* 2732,98 jam  $\approx$  2733 jam mesin beroperasi, *Cooling Unit* 2732,98 jam  $\approx$  2733 jam mesin beroperasi, *Electric Panel Unit* 5465,97 jam  $\approx$  5466 jam mesin beroperasi, *Lube and Coolant Unit* 1,237 jam  $\approx$  2 jam mesin beroperasi, *Machine Unit* 1366,5 jam  $\approx$  1367 jam mesin beroperasi, *Mechanic Unit* 5465,97 jam  $\approx$  5466 jam mesin beroperasi, *Servo Axis Unit* 26,56 jam  $\approx$  27 jam mesin beroperasi, dan *Spindle Unit* 1366,5 jam  $\approx$  1367 jam mesin beroperasi.
2. Melihat dari hasil pengolahan data berdasarkan analisis *fishbone diagram* yang diperoleh dari 3 faktor dominan nilai RPN, banyaknya kegagalan, dan nilai *reliability*. Maka yang perlu diperhatikan agar tidak terjadi kegagalan sistem adalah subsistem sebagai berikut :

- a. *Axis unit*
- b. *Servo axis unit*
- c. *CNC unit*
- d. *Lube and coolant unit*
- e. *APC unit*

## 6.2 Saran

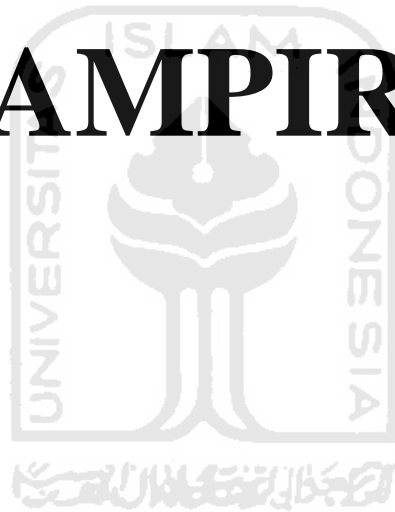
Berikut ini merupakan saran – saran yang dapat diberikan kepada pihak PT.

Dirgantara Indonesia Persero, antara lain :

1. Bagi pihak PT.Dirgantara Indonesia Persero, disarankan untuk mempertimbangkan lebih lanjut aspek penyediaan suku cadang mesin produksi, agar downtime yang terjadi tidak terlalu lama dan data *downtime* disimpan agar dapat di evaluasi.
2. Pergantian *part* yang memiliki waktu operasi yang kecil harus diganti, agar kehandalan yang diinginkan oleh perusahaan tercapai.

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan metode yang lain serta dengan mencari penjadwalan *maintenance* melalui metode RCM.

# LAMPIRAN



## Spedifikasi Mesin

<b>CNC CONTROL</b>	TOSNUC
<b>MACHINE TYPE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MACHINING CENTER</li> </ul>
<b>COLUMN CONSTRUCTION</b>	SINGLE
<b>COLUMN STYLE</b>	STATIONARY
<b>WORK SUPPORT</b>	TABLE

MAIN SPINDLE		TOOLING	
<b>TYPE</b>	FIXED	<b>PRIMARY TOOL CARRIER</b>	ATC
<b>DIRECTION</b>	HORIZONTAL	<b>TOTAL NUMBER of TOOLS</b>	60 Maximum option: 120
<b>TAPER</b>	50	<b>MAX. TOOL LENGTH</b>	19.700
<b>TOP RPM</b>	4500	<b>MAX. TOOL DIAMETER</b>	11.800
<b>No. of RANGES</b>	3	<b>MAX. TOOL WEIGHT</b>	--
<b>No. of SPINDLES</b>	1	<b>TOOL CHANGE TIME</b>	--
<b>HORSEPOWER</b>	30.00	<b>CHIP-to-CHIP TIME</b>	--
<b>ARTICULATED AXIS</b>	None	<b>HEAD CHANGER</b>	None
<b>"U" AXIS</b>	None		

### WORK SUPPORT

<b>TABLE SIZE</b>	L:39.400 X W:39.400
<b>MAX. WEIGHT OF WORKPIECE</b>	5500
<b>AUTO. PALLET CHANGER</b>	Std.
<b>No. of PALLETS</b>	2 Maximum # of pallets: 10
<b>INDEX TABLE</b>	None
<b>INDEX TABLE DEGREES</b>	--
<b>ROTARY TABLE</b>	Std.
<b>DUAL AXIS ROTARY TABLE</b>	Std.

### AXIS SPECIFICATIONS

No. of AXES: 5

AXIS	TRAVEL	RAPID TRAVERSE	CUTTING FEED
X1 (Std.)	59.000 Inch	283 IPM	142 IPM
Y1 (Std.)	59.000 Inch	394 IPM	142 IPM
Z1 (Std.)	49.200 Inch	394 IPM	142 IPM
B1 (Std.)	360.000 Deg.	2 RPM	2 RPM
A1 (Std.)	110.000 Deg.	2 RPM	1 RPM

### WEIGHTS & MEASURES

<b>MACHINE DIMENSIONS(Inches)</b>	L:333 X W:276 X H:168
<b>MACHINE WEIGHT</b>	99200
<b>SPINDLE NOSE TO TABLE(Min)</b>	--
<b>SPINDLE NOSE TO TABLE(Max)</b>	--
<b>SPINDLE CENTER TO COLUMN</b>	--
<b>SPINDLE TO TABLE CENTER</b>	59.000
<b>SPINDLE TO TABLE EDGE</b>	--

## **BMC-100(5)E, 5**

CNC Horizontal Machining Center

X-Axis Travel 59"

Y-Axis Travel 59

Z-Axis Travel 49.2"

A-Axis Tilting Angle of Pallets +10/-100

B-Axis Rotating Angle of Pallets 360

Pallet Indexing .001 Degree

Number of Pallets 2

Pallet Work Weight Capacity 5500 Lbs.

Pallet Size 39.4" x 39.4"

Spindle Taper CAT 50

Spindle Speeds 20-10,000 RPM

Spindle Drive Motor 30 / 25 HP

Dimensions LxWxH 276"x333"x168"

Approximate Weight 99,200 Lbs.

Allen Bradley CNC Control

120-Station Automatic Tool Changer

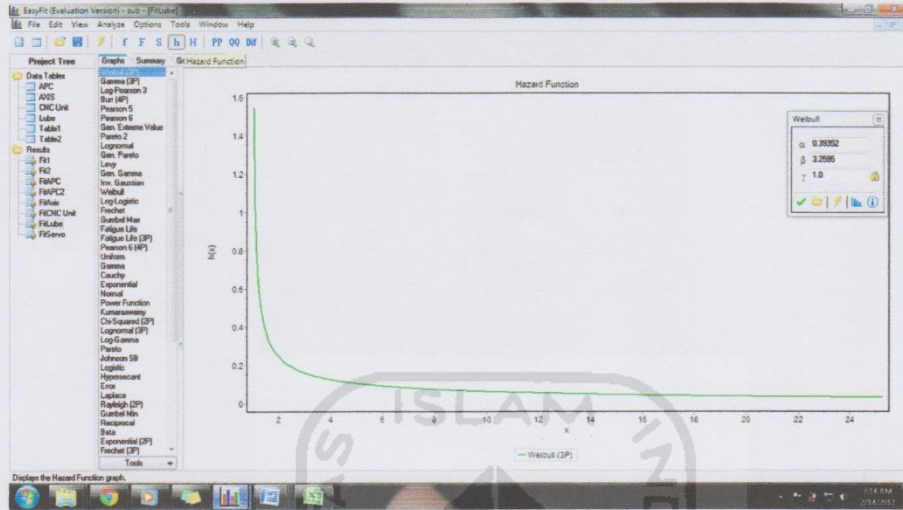
Dual 39.4" x 39.4" Pallets with Auto Pallet Changer

Full B-Axis Tilting & Rotary Table

Full Splash Enclosures



## Lube and coolant Unit



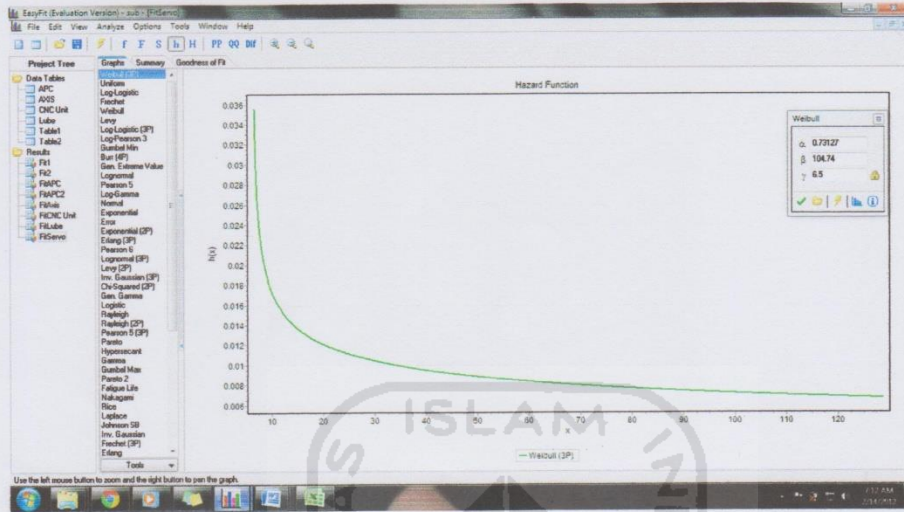
Goodness of Fit - Summary

#	Distribution	Kolmogorov Statistic	Smirnov Rank	Anderson Statistic	Durling Rank	Chi-Squared Statistic	Rank
53	Webull (3P)	0.2199	1	6.2926	40	N/A	
17	Gamma (3P)	0.22914	2	6.2767	41	N/A	
32	Log-Pearson 3	0.24967	3	0.33597	3	N/A	
3	Burr (4P)	0.26996	4	6.0363	37	N/A	
39	Pearson 5	0.27922	5	0.44638	5	N/A	
41	Pearson 6	0.27957	6	0.44789	6	N/A	
18	Gen. Extreme Value	0.27172	7	0.56685	8	N/A	
38	Pareto 2	0.27934	8	0.44092	4	N/A	
24	Lognormal	0.26785	9	0.52549	7	N/A	
20	Gen. Pareto	0.2952	10	0.58009	9	N/A	
28	Levy	0.3117	11	0.67731	14	N/A	
19	Gen. Gamma	0.3154	12	0.6597	13	N/A	
24	Inv. Gaussian	0.32257	13	0.59455	10	N/A	
52	Webull	0.32274	14	7.697	36	N/A	
31	Log-Logistic	0.32563	15	0.78022	18	N/A	
14	Frechet	0.33257	16	0.66260	12	N/A	
21	Gumbel Max	0.33514	17	0.77558	17	N/A	
12	Fatigue Life	0.33977	18	0.69519	15	N/A	
13	Fatigue Life (3P)	0.35824	19	1.4614	26	N/A	
42	Pearson 6 (4P)	0.36436	20	7.5708	44	N/A	
51	Uniform	0.36992	21	4.028	31	N/A	

Webull

$\alpha$ : 0.26352  
 $\beta$ : 3.2595  
 $\gamma$ : 1.0

# Servo axis Unit



Project Tree: APC, CNC Unit, Lube, Table1, Table2, Results, FR1, FR2, FRMPC, FRMPC2, Fikha, FIKNC Unit, FIKube, FIServe

Graphs: Summary, Goodness of Fit

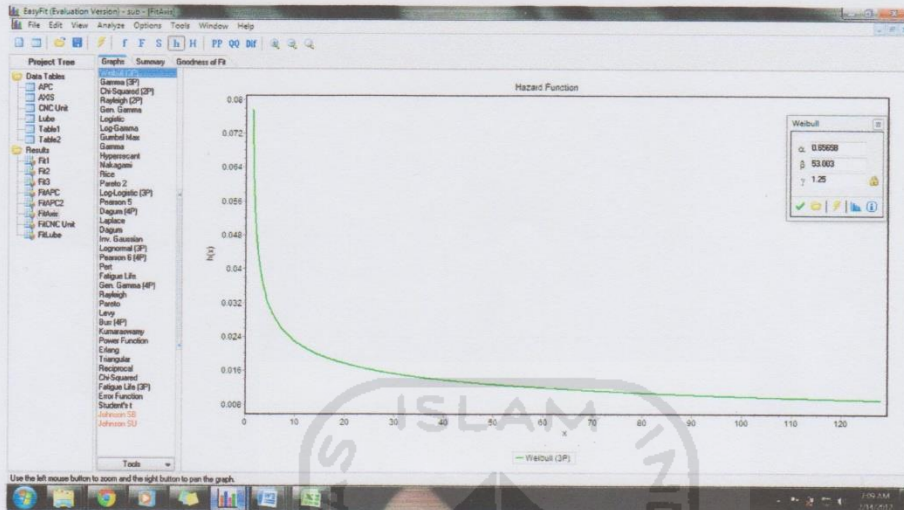
Goodness of Fit - Summary

#	Distribution	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling	Chi-Squared
		Statistic	Rank	Statistic
59	Weibull (3P)	0.34027	1	4.191
57	Uniform	0.3446	2	1.0317
35	Log-Logistic	0.3511	3	1.0646
16	Frechet	0.35242	4	1.1122
58	Weibull	0.36532	5	1.0279
32	Levy	0.36835	6	1.009
36	Log-Logistic (3P)	0.37184	7	0.9537
37	Log-Pearson 3	0.37646	8	0.8537
23	Gumbel Min	0.37665	9	0.852
3	Burr (4P)	0.38019	10	4.3595
30	Gen. Extreme Value	0.38347	11	0.9504
39	Lognormal	0.38632	12	1.1294
45	Pearson 5	0.38686	13	1.2699
34	Log-Gamma	0.39240	14	1.182
42	Normal	0.39785	15	0.90439
12	Exponential	0.40421	16	1.0513
10	Error	0.40646	17	0.93020
13	Exponential (2P)	0.41055	18	6.5895
9	Erlang (3P)	0.41055	19	4.7883
47	Pearson 6	0.41163	20	1.1006
40	Lognormal (3P)	0.41369	21	0.99799

Inset: Weibull parameters:  $\alpha = 0.73127$ ,  $\beta = 194.74$ ,  $\gamma = 65$



## Axis Unit

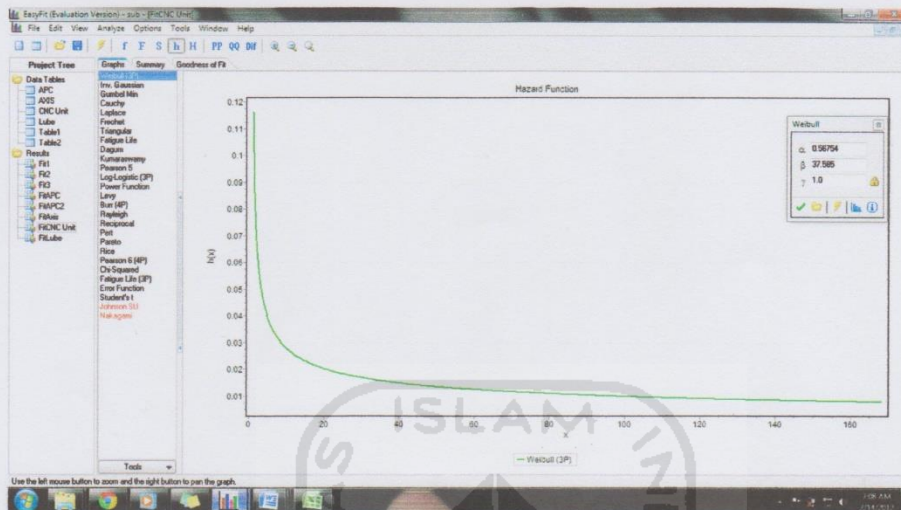


Goodness of Fit - Summary

#	Distribution	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling	Chi-Squared
		Statistic Rank	Statistic Rank	Statistic Rank
37	Weibull (3P)	0.30256 1	3.0551 20	N/A
11	Gamma (3P)	0.30392 2	4.4873 24	N/A
3	Chi-Squared (2P)	0.30522 3	0.65771 1	N/A
32	Rayleigh (2P)	0.30573 4	0.72222 2	N/A
12	Gen. Gamma	0.30607 5	0.91270 8	N/A
22	Logistic	0.30889 6	0.69062 2	N/A
20	Log-Gamma	0.3134 7	1.7694 12	N/A
14	Gumbel Max	0.31676 8	0.82723 5	N/A
10	Gamma	0.32104 9	1.8174 14	N/A
15	Hypersecant	0.32229 10	0.78254 4	N/A
24	Nakagami	0.32465 11	3.4298 21	N/A
34	Rice	0.32928 12	2.6543 16	N/A
26	Pareto 2	0.33044 13	1.0631 9	N/A
21	Log-Logistic (3P)	0.33248 14	4.7853 22	N/A
27	Pearson 5	0.33294 15	1.1328 10	N/A
5	Dagum (4P)	0.33642 16	0.86053 6	N/A
18	Laplace	0.33767 17	0.9124 7	N/A
4	Dagum	0.34008 18	9.1635 33	N/A
16	Inv. Gaussian	0.34317 19	11.75 35	N/A
23	Lognormal (3P)	0.34433 20	4.77 26	N/A
28	Pearson 6 (4P)	0.34792 21	4.6339 25	N/A



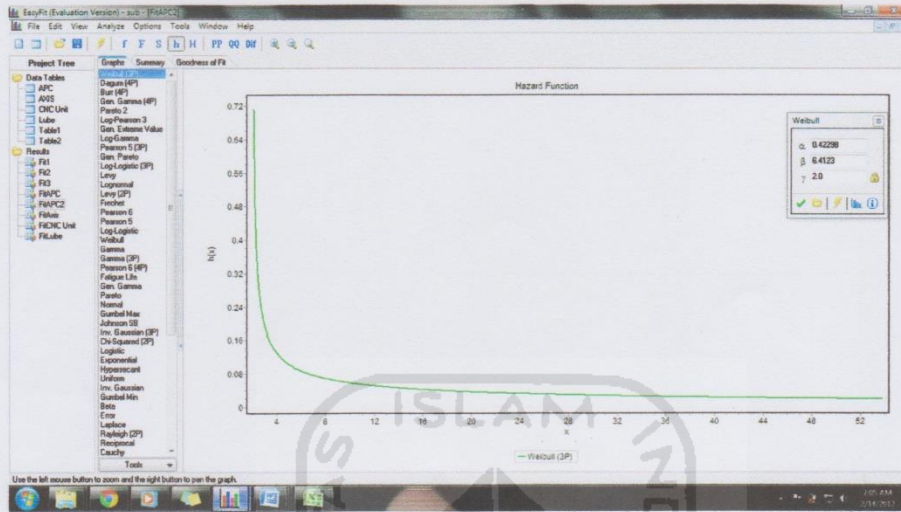
# CNC Unit



Goodness of Fit - Summary

#	Distribution	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
25	Weibull (3P)	0.235	1	2.1505	9	1.4376	8
10	Inn. Gaussian	0.22761	2	5.9781	21	0.02002	2
9	Gumbel Min	0.24149	3	0.9855	6	0.52357	6
2	Cauchy	0.24956	4	0.29343	3	0.31199	4
12	Laplace	0.25032	5	0.86257	1	1.3280	7
8	Frechet	0.25925	6	0.75988	2	0.5954	5
24	Triangular	0.26241	7	5.3373	20	3.2754E-9	1
6	Fatigue Life	0.26944	8	0.86446	4	1.7423	9
4	Dagum	0.27405	9	8.2894	23	N/A	
11	Kumaraswamy	0.2802	10	4.8332	17	3.3333	13
16	Pearson 5	0.2832	11	0.94717	5	N/A	
14	Log-Logistic (3P)	0.2903	12	1.9702	8	0.04188	3
19	Power Function	0.29751	13	4.252	16	N/A	
13	Levy	0.30357	14	1.1109	7	N/A	
1	Burr (4P)	0.3147	15	4.6671	15	N/A	
20	Rayleigh	0.32683	16	3.6913	11	3.3307	14
21	Reciprocal	0.32835	17	4.5544	14	3.3333	11
18	Pert	0.33015	18	5.2433	19	3.3332	10
15	Pareto	0.3554	19	3.025	10	N/A	
22	Rice	0.35883	20	5.9813	17	3.4732	16
17	Pearson 6 (4P)	0.41848	21	6.421	22	N/A	

# APC Unit



Goodness of Fit - Summary

#	Distribution	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling	Chi-Squared			
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
56	Weibull (3P)	0.17983	1	3.5332	41	N/A	
8	Dagum (4P)	0.18219	2	2.2187	37	N/A	
3	Burr (4P)	0.19437	3	2.114	36	N/A	
21	Gen. Gamma (4P)	0.20009	4	1.3954	32	N/A	
41	Pareto 2	0.21212	5	0.42971	5	N/A	
25	Log-Pearson 3	0.21611	6	0.38976	4	N/A	
19	Gen. Extreme Value	0.21967	7	0.50076	13	N/A	
32	Log-Gamma	0.2200	8	0.37447	2	N/A	
43	Pearson 5 (3P)	0.22204	9	0.35177	1	N/A	
22	Gen. Pareto	0.23039	10	0.47794	9	N/A	
34	Log-Logistic (3P)	0.23159	11	3.6848	42	N/A	
30	Levy	0.23899	12	0.60552	20	N/A	
37	Lognormal	0.24104	13	0.48654	10	N/A	
31	Levy (2P)	0.2414	14	0.38648	3	N/A	
15	Frchet	0.2444	15	0.49054	12	N/A	
44	Pearson 6	0.24697	16	0.46115	7	N/A	
42	Pearson 5	0.24752	17	0.46649	8	N/A	
33	Log-Logistic	0.24753	18	0.51581	15	N/A	
55	Weibull	0.25179	19	0.68591	19	N/A	
17	Gamma	0.25204	20	0.45898	6	N/A	
18	Gamma (3P)	0.25336	21	3.93	43	N/A	





### MAINTENANCE WORK ORDER

Job Type : Preventive Maintenance

MWO Number : MWO-0904-00263

Date : 20-04-2009 8.00

Completed by MPC

Facility Description : MACHINING CENTRE, MILLAC-6 VAT TOOL / OKUMA & HOWA

Codification : AGAB02 Program : GEN

Plant Location : KP-IVHSA-I

Request By : ALF MISBAH

Reference : CMMS SCHEDULING

Facility Condition

ON / OFF **ON**

**Description of Job**

Problems: PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-4000 HOURS

Work Plans EXECUTE DUE-DATE : 21-04-2009 1. PERFORM AS PMI NO : 131/PMI/OE7000, 2. CHECK AND LISTING CRITICAL PARTSI, 3. REPORTING

Completed by Services

**Action taken**

Dikerjakan sesuai instruksi PMI

Date	NIK	Start	Finish	Start	Finish	Date	NIK	Start	Finish	Start	Finish
22/4/09	087042	8.00	11.30	12.30	15.30						
23/4/09	087042	8.00	11.30	12.30	16.00						
24/4/09	087042	8.00	11.30	12.30	16.00						
27/4/09	087042 200904	8.00	12.00	13.00	15.30						

Prepared By  ASEP MUSTOFA 830443	Approved By Spv. Maintenance Services 	Date 28/4/09	NIK 860341	Approved By Operator 	Date 28-04-2009 15.30	NIK 811865
---	--	-----------------	---------------	-----------------------------	--------------------------	---------------



### MAINTENANCE WORK ORDER

Job Type : Preventive Maintenance

MWO Number : MWO-0910-00668

Date : 26-10-2009 8.00

Completed by MPC

Facility Description : MACHINING CENTRE, MILLAC-6 VAT TOOL / OKUMA & HOWA  
 Codification : AGAB02 Program: GEN  
 Plant Location : KP-JVHSA-1  
 Request By : ALF MISBAH  
 Reference : CMMS SCHEDULING

Facility Condition

ON / OFF

**Description of Job**

Problems: PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-2000 HOURS

Work Plans EXECUTE DUE-DATE : 29-10-2009 1. PERFORM AS PMI NO : 131/PM/OET000, 2. CHECK AND LISTING CRITICAL PARTS!, 3. REPORTING

**Action taken**

SESUAI Dengan PMI

Completed by Services

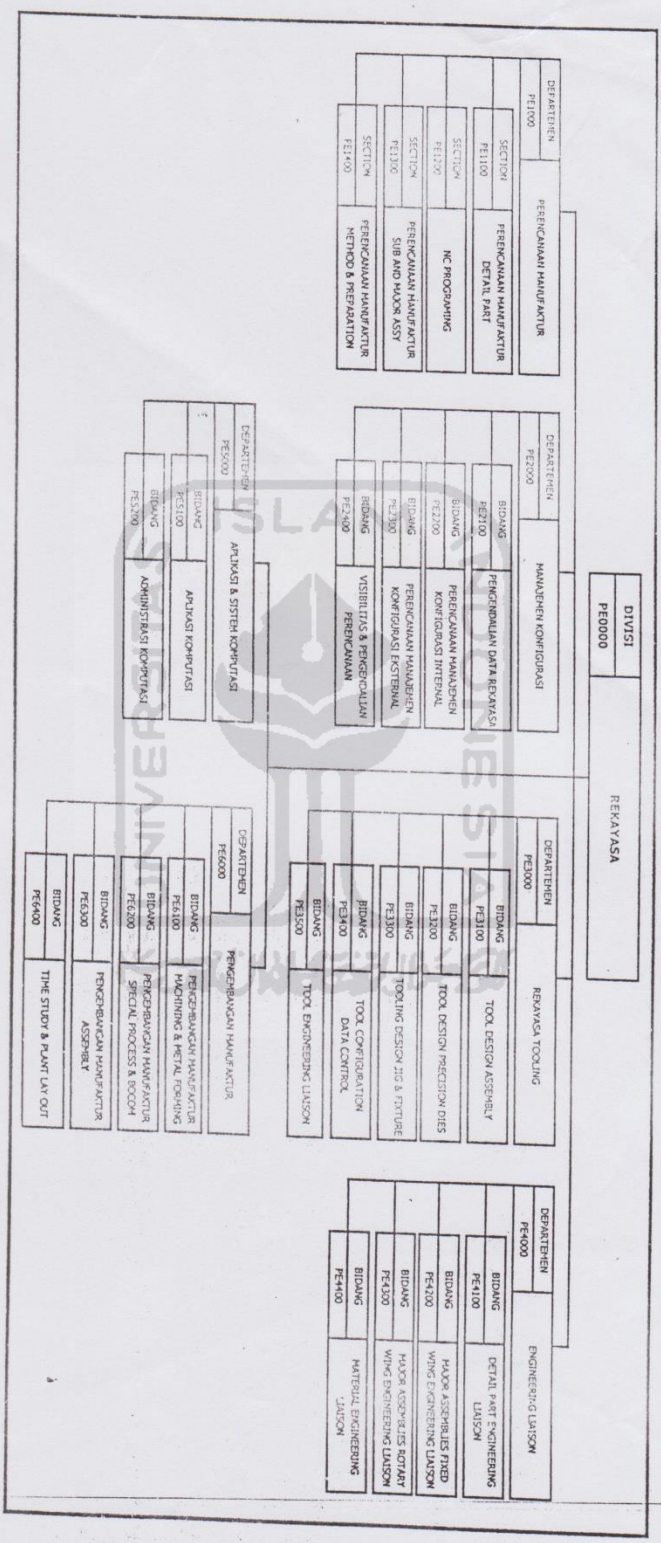
Date	NIK	Start	Finish	Start	Finish	Date	NIK	Start	Finish	Start	Finish
30/09	097180	09.00	11.00	13.00	16.30						
10/10	200902	-	-	14.30	16.00						

Prepared By: TASHRIHAN MULYADI 831389  
 Approved By Spv. Maintenance Services:   
 Date: 30/10 NIK: 85034  
 Approved By Operator:   
 Date: 30/09/10 NIK: 211865



Lampiran Surat Keputusan Direksi PT Dirgantara Indonesia (Persero)  
 Nomor : 193/031.01/KEP0000/PTD/09/2009  
 Tanggal : 22 - 09 - 2009

STRUKTUR ORGANISASI TINGKAT DEPARTEMEN DAN BIDANG  
 DIVISI REKAYASA, DIREKTORAT AEROSTRUKTUR



DIREKSI  
 PT DIRGANTARA INDONESIA (PERSERO)  
 DIREKTUR KEUANGAN DAN ADMINISTRASI

DIRIGANKER, B.A. INDIKASARI  
 WIDONESARIAN, KEROSI, CEMALI  
 HERNAWAN, HADIMULIYA



**Preventive Maintenance Instruction**  
 PMI Nr. : 131 / PMI / OE 7000  
 Plant Description : Milac-6 VAT  
 Codification : AGAB01 - AGAB02  
 Plant Location : HSA1- CNC Machining

Rev. 1

Job Code : 9100

Machine Status  
 "on" "off" Shift  
 1 2 3

consumable mat'l & tool required

Level	Instruction	Sub System							Filter & Fan	Cooling System	Lube & Coolant	Name of Material	Qty	Name of Material	level	City	Material	level	Qty
		Electrical & control	Axis	Spindle	ATC	Hydraulic Unit	Filter & Fan	No											
4000	CC RP RT SA GT BT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1 Mejun kain 2 Blasser Blassocut 3 Air Filter 4 Grease Alvania	2 kg 20 ltr 1 mtr 1 Kg	2000	As Level 2000 Tellus oil 46 Tonna Oil 68 Element Filter Air Filter	75 ltr 10 ltr 4 ea 1 mtr				
2000	CC RP RT	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	1 Kund pas & ring 2 Obang (+) & (-) 3 Avometer 4 Ballbar Msrment 5 Dial Indcir 0.002 6 Mandrel BT 30	1 set 1 set 1 set 1 set 1 set 1 set	level 2000 4000 1 set	q-ty					

Description :  
 CC : Check & Clean all Sub System from dust, chips, rust or other particle  
 RP : Replace or Clean Panel Filter  
 RT : Replace / refill oil lubrication and Coolant  
 SA : Replace Hydraulic Oil Filter

Set / Adjust Servo Drive, Proxy Switch, Stopper of APC Unit  
 SA : Set / Adjust Hydraulic main pressure pump  
 Set / Adjust Lube main pressure pump  
 Set / Adjust Coolant main pressure pump

Prepared by : *[Signature]*  
 Date : 20.12.08  
 Checked by : *[Signature]*  
 Date : *[Signature]*  
 Approved by : *[Signature]*  
 Date : *[Signature]*  
 Hermawan  
 Ale Misbah  
 Bambang Utoro

Man hours required  
 No Level hours/days men  
 1 4000 40 hours 5 dys 2  
 2 2000 16 hours 2 dys 2

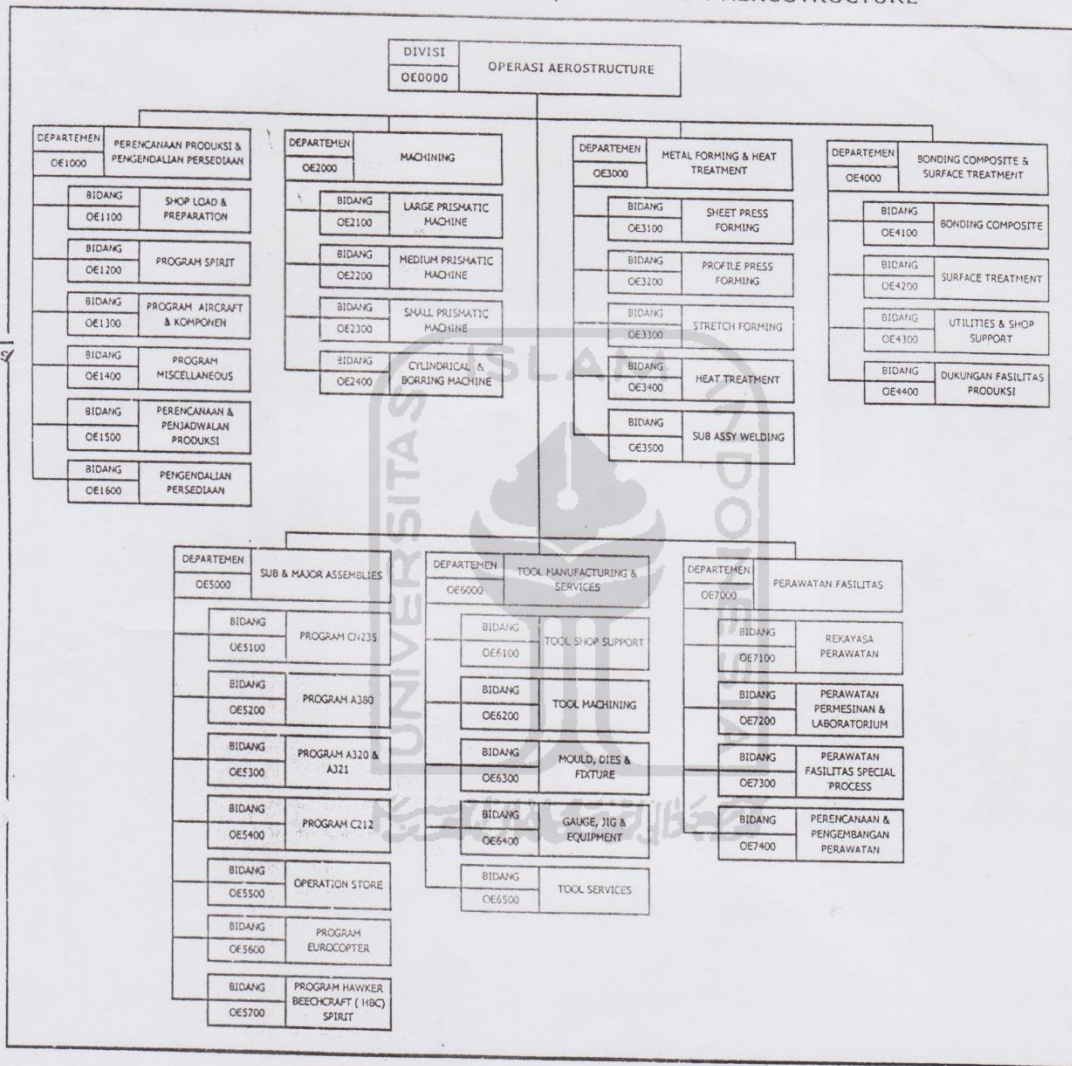
Check & Record the Final Data of Squareness, Perpendicular, Tram  
 Check & Record Internal / External Spindle Run Out  
 Record & Adjust discrepancy of the Ball Bar result data test on X-Y, X-Z, Y-Z  
 Run Test all system start by lowest step to Max step.

Simultaneously movement.  
 Run Test all system start by lowest step to Max step.



Lampiran Surat Keputusan Direksi PT Dirgantara Indonesia (Persero)  
 Nomor : 192/031.01/KA0000/PTD/07/2009  
 Tanggal : 22 - 07 - 2009

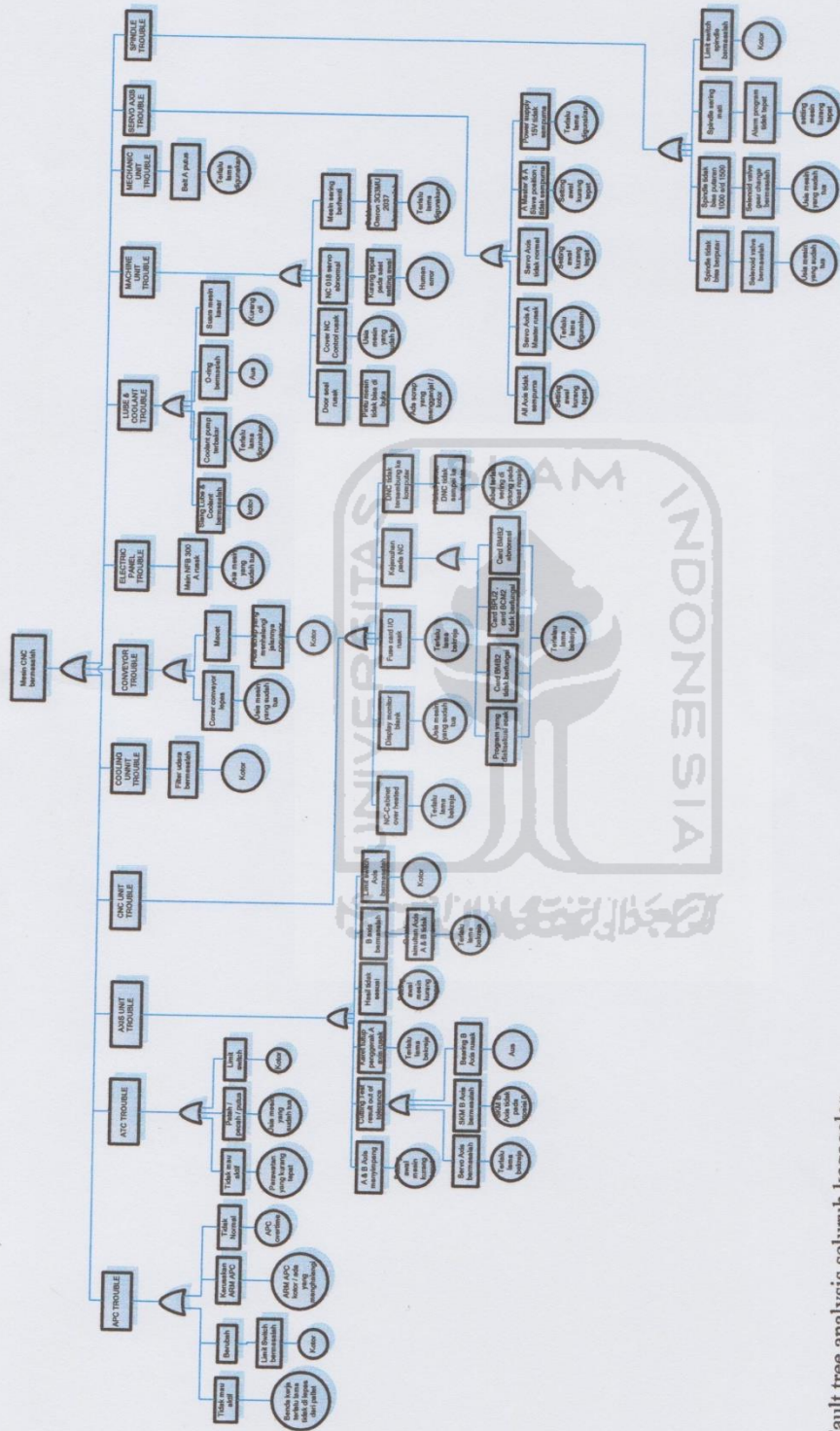
STRUKTUR ORGANISASI TINGKAT DEPARTEMEN DAN BIDANG  
 DIVISI OPERASI AEROSTRUCTURE, DIREKTORAT AEROSTRUCTURE



DIREKSI  
 PT DIRGANTARA INDONESIA (PERSERO)  
 DIREKTUR KEUANGAN DAN ADMINISTRASI

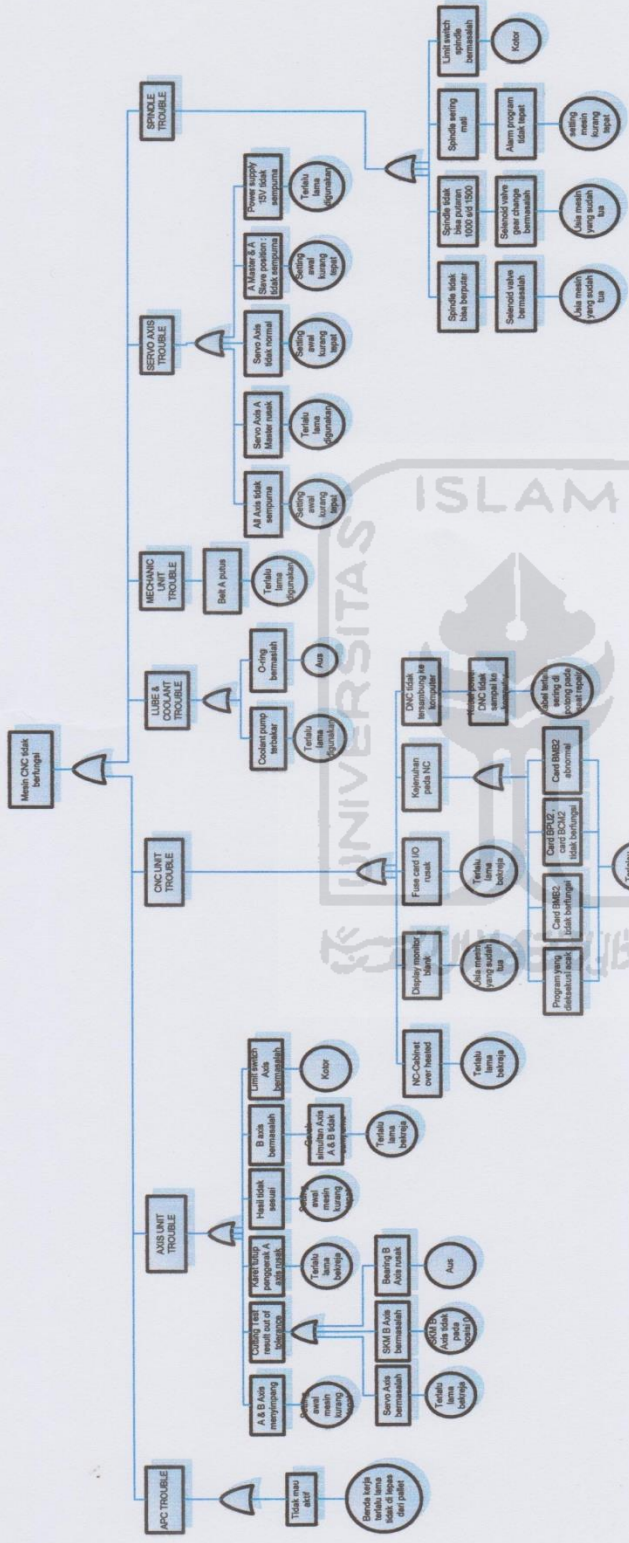
*(Signature)*  
 DIRGANTARA INDONESIA  
 (PT) (PERSERO)  
 PT DIRGANTARA INDONESIA (PERSERO)

HERMAWAN HADIMULYA



Fault tree analysis seluruh kegagalan





Fault Tree Analysis faktor kegagalan dominan

ProblemDesc	ActionTakenDesc	SubSystem	DownTime	MTTR	ManHours	CpiLevel	WaitTech	RepTime	Down time	hari	Jam	Run Hour
HILANG CHARACTER PADA PROGRAM POSISI AXIS BERUBAH-RUBAH.	Card BMB2, card BEM1	CNC Unit	140.00	32.00	32.00	4	8.00	0.00	140	9	76	1352
PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-1300	All function as according to PMI	Machine Unit	8.00	8.00	16.00	2	0.00	0.00	8	9	208	1560
PALLET CHANGE : TROUBLE	limit switch	APC	19.00	5.00	5.00	4	9.33	0.00	19	8	173	1733
SERVO AXIS : ABNORMAL	Motor A slave	Servo Axis	262.50	56.00	96.00	4	9.50	0.17	262.5	14	73.5	1806.5
PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-2600	All function as according to PMI	Machine Unit	80.00	80.00	168.00	2	0.00	0.00	160	55	1160	2966.5
PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-2600	Semua axis	Machine Unit	80.00	80.00	168.00	2	0.00	0.00	160	55	1160	2966.5
COVER NC CONTROL	Cover pelindung CNC control & operator	Machine Unit	99.50	15.00	15.00	4	3.00	0.00	99.5	32	668.5	668.5
POSISI CHARACTER ACAK ( BLOK PROGRAM TIDAK PADA TEMPATNYA )	Card BMB2 = 1 ea	CNC Unit	97.00	25.00	25.00	4	0.00	0.00	97	5	23	691.5
URUTAN PROGRAM YANG DIEKSEKUSI : NGACAK	Program	CNC Unit	19.00	19.00	19.00	4	0.00	0.00	19	1	5	696.5
TAMBAH KABEL POWER DNC.	Cable power DNC	CNC Unit	1.00	1.00	1.00	4	0.00	0.00	1	22	527	1223.5
TROUBLE MEMORY PROGRAM	Card BPU2 = 1 ea, card BCM2 = 1 ea	CNC Unit	79.58	8.50	8.50	4	47.33	0.06	79.58333	49	1096.417	2319.917
KARET TUTUP GIGI PENGGERAK A AXIS : PUTUS	Cover gear A axis	Axis	61.75	12.00	12.00	4	16.00	6.67	61.75	3	10.25	2330.167
PREVENTIVE MAINTENANCE	All function as according to PMI	Machine Unit	13.00	13.00	26.00	2	0.00	0.00	13	1	11	2341.167



LEVEL-1300	screen tidak muncul / nyata	CNC Unit	32.25	16.50	16.50	3	0.00	0.00	0.00	32.25	2	15.75	2356.917
	ERROR/PEMBACAAN PROGRAM TIDAK NORMAL	CNC Unit	168.25	3.75	3.75	4	109.67	0.00	0.00	168.25	39	767.75	3124.667
	KARET TUTUP GIGI PENGGERAK A AXIS : PUTUS	Axis	8.00	8.00	8.00	4	0.00	0.00	0.00	8	13	304	3428.667
	PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-4000	Machine Unit	48.00	48.00	136.00	2	0.00	0.00	0.00	48	20	432	3860.667
	COOLANT : JAMMED	Lube & Coolant	1.50	1.50	1.50	4	0.00	0.00	0.00	1.5	48	1150.5	5011.167
	COVER CONVEYOR : LEPAS	Mechanic Unit	3.50	3.50	3.50	3	0.00	0.00	0.00	3.5	9	212.5	5223.667
	COOLANT PUMP : OVERL LOAD	Lube & Coolant	1.00	1.00	1.00	3	0.00	0.00	0.00	1	54	1295	6518.667
	HASIL ACTUAL BENDA KERJA ADA PENYIMPANGAN +- 0.35	Axis	29.75	13.75	27.50	2	0.00	0.00	0.00	29.75	21	474.25	6992.917
	GERAK SIMULTAN AXIS A & B TIDAK BAGUS	Axis	128.00	30.50	45.50	2	0.33	0.00	0.00	128	21	376	7368.917
	PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-2000 HOURS	Machine Unit	8.00	8.00	8.00	2	0.00	0.00	0.00	8	30	712	8080.917
	PINTU MESIN TIDAK BISA DIBUKA	Machine Unit	0.33	0.33	0.67	4	0.00	0.00	0.00	0.333333	7	167.6667	8248.583
	APC : TROUBLE	APC	2.50	2.67	2.67	2	0.11	0.00	0.00	2.5	3	69.5	8318.083
	SPINLDE TIDAK BISA BERPUTAR	Spindle Unit	8.00	8.00	8.00	4	0.00	0.00	0.00	8	1	16	8334.083
	CONVEYOR : MACET	Mechanic	1.00	1.00	1.00	4	0.00	0.00	0.00	1	5	119	8453.083

SPINDLE TIDAK BISA PUTARAN 1000 S/D 1500 RPM	Solenoid valve gear change	Spindle Unit	28.25	5.75	17.25	4	2.83	1.50	28.25	6	115.75	8568.833
SPINDLE : SERING MATI	Reset alarm / program	Spindle Unit	7.00	7.00	14.00	4	0.00	0.00	7	7	161	8729.833
POSISI STROKE LIMIT : BERUBAH	Home tiap-tiap axis	APC	16.00	6.50	6.50	2	0.67	5.67	16	14	320	9049.833
RESTART ATC CYCLE	Reset ATC	ATC	1.00	1.00	1.00	2	0.00	0.00	1	7	167	9216.833
TROUBLE SPINDLE OVERLOAD	Sensor Limit switch	Spindle Unit	1.67	1.50	1.50	4	0.00	0.11	1.666667	25	598.3333	9815.167
PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-4000 HOURS	All function as according to PMI	Machine Unit	222.75	222.75	660.00	2	0.00	0.00				
PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-4000 HOURS	SKM mesin	Machine Unit	222.75	222.75	660.00	1	0.00	0.00	445.5	36	418.5	10233.67
OLI " GEAR CHANGE " BOCOR	O-ring	Lube & Coolant	25.25	8.25	16.50	4	0.00	11.33	25.25	4	70.75	70.75
APC TROUBLE	Reset, Arm APC	APC	2.00	1.50	1.50	4	0.00	0.33	2	12	286	356.75
Belt A putus.	Belt A axis	Mechanic Unit	103.25	8.25	16.50	4	63.11	0.22	103.25	10	136.75	493.5
SLIDE WAY LUB OIL LEVEL	Oil shell tonna 68	Lube & Coolant	4.00	0.50	0.50	4	0.00	2.33	4	25	596	1089.5
TOOL CHANGE : TROUBLE	ATC door	ATC	19.00	7.00	14.00	4	8.00	0.00	19	21	485	1574.5
TIDAK ADA Power	NFB 300 A	Electric Panel	56.50	24.00	48.00	4	0.00	0.33	56.5	11	207.5	1782
PREVENTIVE MAINTENANCE LEVEL-2000 HOURS	All function as according to PMI	Machine Unit	16.00	16.00	32.00	2	0.00	0.00	16	9	200	1982
APC : TROUBLE "M60 APC OVERTIME"	APB by manual, setting limit switch clamp unclamp	APC Unit	2.50	2.50	2.50	4	0.00	0.00	2.5	20	477.5	2459.5
STROKE LIMIT LS	Limit switch	Axis	1.25	1.00	1.00	4	0.00	0.17	1.25	58	1390.75	3850.25
M60 APC OVER TIME	Limit switch	APC Unit	4.50	2.00	2.00	4	1.33	0.33	4.5	24	571.5	4421.75



ILLEGAL ABSOLUT POSISI ERROR NC-012 AXIS B, APC CLAMP/UNCLAMP	clamp unclamp	53.83	16.00	32.00	4	14.56	0.00	53.83333	3	18.16667	4439.917
OLI SAMPING HABIS	Oil shell Tonna 68	1.00	1.00	1.00	4	0.00	0.00	1	65	1559	5998.917
OIL COOLLER FAULT	Filter	1.00	1.00	1.00	4	0.00	0.00	2	16	382	6380.917
OIL COOLLER FAULT	Reset	1.00	1.00	1.00	3	0.00	0.00				
ATC : TROUBLE	ATC manual	0.67	0.50	0.50	2	0.00	0.11	0.666667	10	239.3333	239.3333
ATC : TROUBLE	ATC door	5.17	0.17	0.17	4	0.00	3.33	5.166667	19	450.8333	690.1667
TIDAK MAU TOOL CHANGE ( M.06 )	ATC	2.00	2.00	2.00	2	0.00	0.00	2	1	22	712.1667

